كتاب المعارف العلمى

الفطريات

فى حيـاتنا ..

الأستاذ الدكتور / محمد على أحمد
أستاذ بكلية الزراعة - جامعة عين شمس



دار المعارف

تصميم الغلاف : **محمد أبو طالب**

رقم الإيداع	١٩٩٩/٨٢٩٤	
الترقيم الدولى	977-02-5849-0	ISBN

١/٩٨/٥٧

طبع بمطابع دار المعارف (ج . م . ع .)

الناشر : دار المعارف – ١١١٩ كورنيش النيل – القاهرة ج. م. ع.

إهـــــداء

إلى أمى :

خافضًا لها جناح الذل من الرحمة

متمنـــيًا رضـــاهـــا عــــلىّ

طامعًا فى الجنة التى تحت قدميها

ابنك محمد

نبذة عن المؤلف

الأستاذ الدكتور محمد على أحمد

أستاذ أمراض النبات – كلية الزراعة جامعة عين شمس

◆ بكالوريوس كلية الزراعة – جامعة عين شمس بتقدير ممتاز مع مرتبة الشرف عام ١٩٧٠.

◆ ماجستير فى أمراض النبات كلية الزراعة جامعة عين شمس عام ١٩٧٤.

◆ دكتوراه الفلسفة فى العلوم الزراعية من جامعة جوتنجن ألمانيا الغربية عام ١٩٨٣.

◆ تلقى دورات تدريبية فى مجال دراسة الفطريات وتعريفها بمعهد بحوث الفطريات CBS بهولندا، والمعهد الألمانى للفطريات DSM بألمانيا، وكذلك دورات تدريبية لزراعة عيش الغراب وتعريف أنواعها البرية بألمانيا وهولندا وبلجيكا.

◆ للمؤلف العديد من البحوث فى مجال أمراض النبات، وكذلك فى الاستخدامات التطبيقية للفطريات، مثل المكافحة الحيوية للحشرات، والجذور الفطرية، وزراعة عيش الغراب، كما أشرف على عدد من الرسائل العلمية فى هذا المجال.

◆ أسس أول وحدة بحثية فى الوطن العربى فى مجال أبحاث وإنتاج عيش الغراب بكلية الزراعة جامعة عين شمس عام ١٩٨٨ ومازال يشرف عليها حتى الآن.

مقـــدمة

على الرغم من أن دراسة الفطريات لم تبدأ إلا منذ أقل من ثلاثة قرون مضت، إلا أن الإنسان عرف نشاطها الحيوى منذ فجر التاريخ، فلقـد كـانت المجتمعـات البشرية القديمة على علم بين بالتخمر الحيوى، حيث اعتقد المصريون القدمـاء أن ذلك منحة من الإله الأكبر أوزيريس للبشرية، ثم أظهر العلم الحديث – بعد ذلك بآلاف السنين – دور فطريات الخميرة فى هذه العملية.

كما عزا قدماء الرومان ظهور ثمار عيش الغراب والكمأة إلى البرق الـذى ينطلـق فى السماء بقوة الإلـه جوبيـتر كبـير آلهتـهم، الـذى يرسـل سـهامه المشـتعلة إلى الأرض، فتظهر الثمار عظيمة القيمة الغذائية بفضل بركة هذا الإله.

ومما لا شك فيه أن الفطريات تتخلل حياتنا، حتى يكاد لا يخلو نظـام بيئـى من وجودها ونشاطها الحيوى، فهى تنمو على المركبات العضوية المعقدة وتحللـهـا إلى مكوناتها البسيطة، وبذلك تعيد إلى الطبيعـة المركبـات الأساسـية الأوليـة مـرة أخرى، مما يحافظ على التوازن البيئى، ويحمى البيئة من التلوث.

ويكاد لا يمر يوم لا نجنى منه منفعة من الفطريات، أو يصيبنا منها ضرر سواء بطريقـة مباشـرة أم غـير مباشـرة، فمـن الفطريـات طعامًـا شـهيًا، ودواءً شـافيًا ومنتجات نافعة، وهى فى نفـس الوقـت تسـبب أمراضًـا لا حصـر لهـا للنباتـات والحيوانات والإنسان.

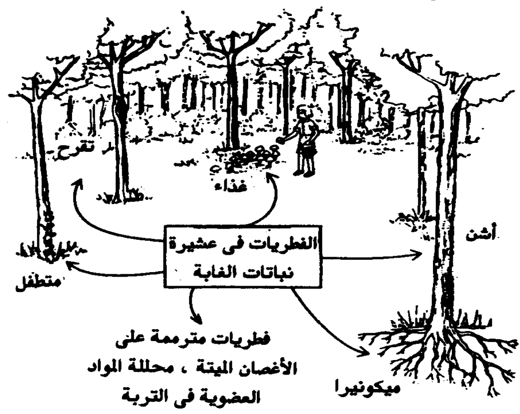
إن نشاط الفطريات فى البيئة ودورها فى حياتنـا يشـبه قطعـة مـن المـاس لهـا آلاف الأوجه، يعكس كل وجه منها لونًا يختلف عما تعكســه الأوجـه الأخـرى، وكلما تباينت وتناقضت تلك الألـوان التـى تعكسـها الماسـة زادت قيمتـها، ولكـن قلب الماسة ذاتها يظل سرًا مغلقا تحتفظ به لنفسها، وهبه الله إياها، فتبـارك الله أحسن الخالقين.

د. محمد على أحمد

١ – ما هى الفطريات؟

تعتبر الفطريات مجموعة من الكائنات الحية الخالية من الصبغة الخضراء (الكلوروفيل)، تلك المادة السحرية الموجودة فى النباتات الخضراء، والتى تساعدها على إتمام عملية التمثيل الضوئى وتكوين غذائها بنفسها، لذا تصف تلك النباتات الخضراء بأنها ذاتية التغذية (autotrophic) .

وعلى العكس من ذلك، فإن الفطريات لا تستطيع تكوين ما تحتاجه من غذاء بنفسها، فهى غير ذاتية التغذية (heterotrophic) لذلك فإنها تحتاج فى نموها إلى مواد عضوية تنمو عليها وتحللها عن طريق إنزيماتها المحللة، وتعيدها إلى مكوناتها الأولية التى تذوب فى الماء وتصبح غذاء ميسورا لباقى الأحياء الأخرى، وتعرف الفطريات فى هذه الحالة بأنها مترممة (saprophytes) .



شكل (١): تداخل نشاط الفطريات فى بيئة الغابات بصور مختلفة: تبادل منفعة (أشنيات ميكوريزا)، غذاء (عيش الغراب) أمراض (تطفل – تقرح) – ترمم على المخلفات النباتية والحيوانية (فطريات الروث).

وهناك أنواع أخرى من الفطريات تهاجم النباتات الحية وتتغذى عليها، مسببة لها أمراضًا خطيرة قد تؤدى بحياتها، كما تتعرض الحيوانات - بل والإنسان نفسه - لبعض الفطريات الضارة التى تسبب لها أمراضًا، حيث تعرف مثل هذه الفطريات بأنها متطفلة (parasites).

ولكن ليست جميع الفطريات ضارة بالإنسان وممتلكاته، من نباتات وحيوانات ومتاع، بل أن كثير منها مفيد، وينتج عند نموه فى بيئات خاصة موادًا نافعة عالية القيمة الاقتصادية، لا يمكن للإنسانية إغفالها أو الاستغناء عنها، كالبروتين الفطرى والمضادات الحيوية والفيتامينات والأحماض العضوية وغيرها من مواد لا حصر لها.

وتعتبر الفطريات أحد المكونات الهامة للنظام البيئى، فهى تنتشر فى كل مكان تتوفر فيه احتياجاتها الغذائية، خاصة فى الجو الرطب. وتنمو الأنواع المختلفة من هذه الأحياء الدقيقة على مختلف المواد العضوية، مثل بقايا النباتات والحيوانات، منتشرة فى الهواء والتربة ومياه الأنهار والبحار المالحة، وفى الأماكن شديدة الحرارة والأخرى قارصة البرودة. إنها كائنات عالية الانتشار لا تقف أمامها حواجز جغرافية ولا تمنعها حدود سياسية.

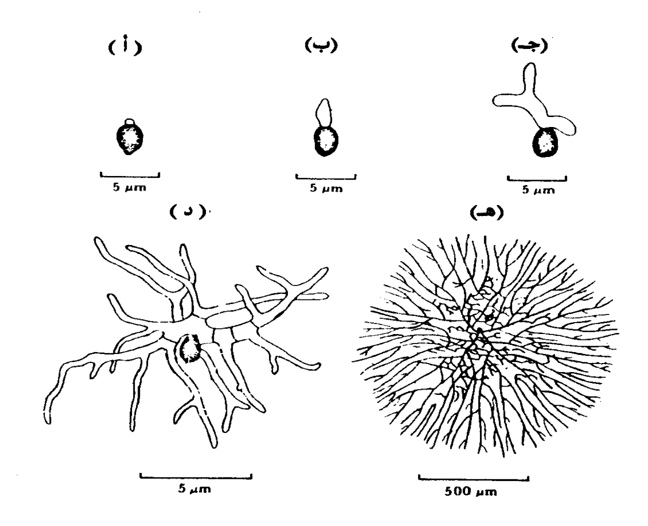
وتوضع الفطريات فى مملكة خاصة بها، تعرف باسم «المملكة الفطرية». وتضم هذه المملكة أعدادًا هائلة من الرعايا، بينما يتوج فطر عيش الغراب نفسه ملكًا على هذه المملكة، حيث أنه أرقى الفطريات بلا منازع.

ويبلغ عدد الأنواع المعروفة من الفطريات حوالى ٧٧ ألف نوع، بينما يعتقد أن العدد الكلى لهذه الفطريات يزيد عن مليون ونصف مليون نوع، وبذلك فإن ما نعرفه من أنواع الفطريات لا يتعدى ٥,١٪ من إجمالى أنواعها، فهل هذا يكفى للحكم على هذه المملكة الشاسعة وعلى نشاطها الحيوى فى الطبيعة؟.

وتتركب الفطريات من مجموعة من النموات الخيطية المتفرعة، والتى يطلق عليها اسم هيفات (hyphae)، حيث تتجمع فيما بينها مكونة غزلاً فطريًا يسمى ميسليوم (mycelium) وقد تكون هذه الخيوط الفطرية مقسمة بجدر عرضية وتعرف - حينذاك - بالهيفات المقسمة.

وتنمو هيفات الفطر طرفيًا، ولكـن معظم أجـزاء الجسـم الفطـرى لديـه القـدرة الكامنة على النمو، فأية فتيته من أى جزء منه تكفى لبدء حياة جديـدة، مكونـة هيفات الفطر المتفرعة وتراكيبه الأخرى المميزة..

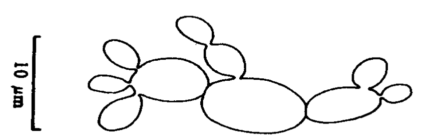
ويبدأ نمو الهيفات الفطرية – عادة – كأنبوب قصير ينبثق من جرثومة نابتة، حيث تميل هذه الهيفات إلى النمو بطريقة مماثلة فى جميع الاتجاهات من نقطـة مركزية تمثلها الجرثومة. وبعد فترة من النمـو تتكـون مسـتعمرة كرويـة الشـكل أو ذات شكل محدب، تبعًا لنوع البيئة التى ينمو عليها الفطر، سائلة أم صلبة.



(شكل ٢): مراحل تكوين مستعمرة فطرية:
(أ) إنبات الجرثومة. (ب) ظهور إنبوب الإنبات. (جـ) تفرع إنبوب الإنبات
(د) تكوين هيفات متفرعة. (هـ) تكوين مستعمرة دائرية ذات نموات متشابكة.

ويظهر على المحيط الخارجى للمستعمرة الفطرية أطراف القمم النامية لهيفات الفطر وفروعها الجانبية ، بينما تتداخل الفريعات الجانبية بعضها مع بعض مكونة شكلاً شبكيًا. وتتركز فى مركز المستعمرة أقدم هيفات الفطر عمرًا، حيث تحمل عليها الجراثيم على حوامل متخصصة.

وفى بعض الفطريات يختزل النمو الميسليومى ولا تتكون هيفات فطرية، ولكن يكونّ الفطر خلايا منفردة وحيدة صغيرة الحجم، تنقسم مكونة وحدات أخرى تبقى على الخلية الأم لفترة، ثم تتحرر بعد ذلك، كما هو الحال فى فطريات الخميرة، حيث يطلق على هذا الأسلوب فى التكاثر اللاجنسى التبرعم budding.



(شكل ٣): تبرعم خلايا الخميرة ***Saccharomyces sp*** .

ولقد بدأت دراسة الفطريات بملاحظة الأنواع كبيرة الحجم، مثل فطريات عيش الغراب سواء المأكول منها أم السام، حتى أن العلم المختص بدراسة الفطريات Mycology يشتق من الكلمة اليونانية Mykes بمعنى فطر عيش الغراب، بينما يقصد بالكلمة Logos علم.

وبذلك يكون المعنى الحرفى لعلم الفطريات هو علم دراسة فطريات عيش الغراب، تلك الفطريات ذات الثمار كبيرة الحجم، وهذا هو ما تم فعلاً فى المرحلة الأولى من دراسة هذه الفطريات فى وقت لم يكن الإنسان قد اخترع المجهر، بل وكانت العدسات المكبرة صعبة المنال.

٢ – نشأة الأحياء الدقيقة .. ورؤية العالم الخفى

فى يوم ما قبل ميلاد السيد المسيح بنحو ثلاثة قرون ونصف، وقف واحدًا من أعظم الفلاسفة على مر التاريخ، وهو الفيلسوف اليونانى الأشهر أرسطو Aristotle (٣٨٤ – ٣٢٢ قبل الميلاد) وسط تلامذته يشرح لهم نشأة الحياة على الأرض – وكان من بينهم ذات مرة الاسكندر الأكبر – ينصتون إليه ويتعلمون من علمه الوافر الغزير.

يقول أرسطو: إن الحياة نشأت من ذاتها دون خالق – غفر الله له – ودون حياة مسبقة، فيمكن للكائنات الحية أن تتوالد من الجماد، وهذا يشابه قول بعض العامة عندنا أن (دود المش منه فيه)، أى أن هذه اليرقات التى تنبض بالحياة تخرج من بين الجبن القديم وما حوله من لبن سميك متخمر!.

ليس هذا فقط، بل اقترح أرسطو نظرية العناصر الأربعة لتفسير كيفية تكوين المواد المختلفة – سواء حية أم غير حية – على سطح الأرض. وتعتمد نظرية أرسطو على أن أى مادة تتكون من أربعة عناصر هى التربة والماء والهواء والنار ولكن بنسب مختلفة، وتختلف المواد – وكذلك الأحياء – تبعا لاختلاف نسب العناصر الأربعة فيها.

واعتقد علماء العصور التالية لأرسطو أن تغيير نسب هذه العناصر إلى بعضها يحول المواد والمعادن – وكذلك الكائنات الحية – إلى ما يخالفها. ومن هنا ظهرت فكرة تغيير العناصر وتحويلها إلى عناصر أخرى جديدة، وكان ذلك هو الشغل الشاغل لعلماء الكيمياء القديمة الذين كانوا يسعون لتحويل المعادن عديمة القيمة – مثل الرصاص – إلى ذهب، بالإضافة إلى اهتمامهم بالبحث عن وسائل لإطالة العمر إلى ما لا نهاية!.

وهكذا وضع الفيلسوف اليونانى أرسطو بعض النظريات الخاطئة التى ضللت الكثير من العلماء والباحثين الذين جاءوا من بعده ولقرون طويلة، حتى أصبح من المتعذر لعالم ما الخروج من أسر نظريات أرسطو، التى اعتمدت على الفكر والمنطق، وليس على التجربة والمشاهدة.



(شكل ٤): رسم يرجع إلى القرن السادس عشر من أحد المراجع الإيطالية التى توضح نظرية العناصر الأربعة – لأرسطو – التى اعتمد عليها خلال القرون الوسطى فى تحويل العناصر إلى بعضها!.

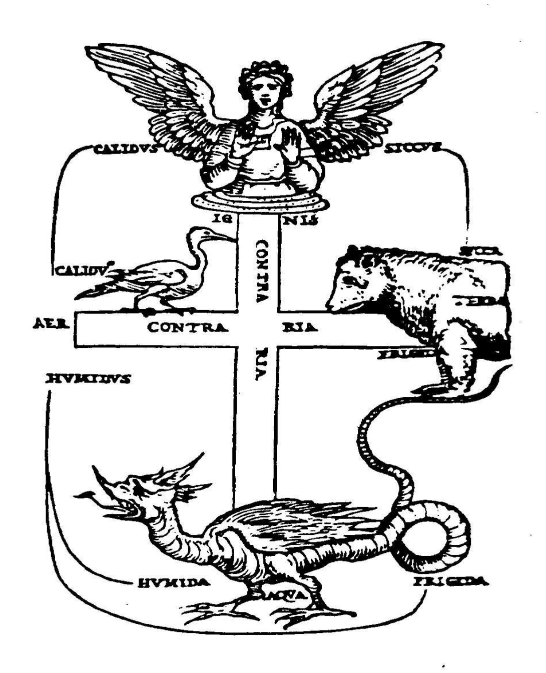
ولقد ادعى أرسطو فى نظريته عن نشأة الكائنات الحية من مواد غير حية على أساس أن (كل جسم صلب يمكن ترطيبة، وكل جسم رطب يمكن تجفيفه يصلح لأن ينشأ منه كائن حى ما، طالما توفر فى هذا الجسم الغذاء الكافى).

وعرفت هذه النظرية - فيما بعد - باسم نظرية التوالد الذاتى spontaneous generation ، حيث سلم العلماء بها لقرون طويلة تسليمًا أعمى حتى قرب نهاية القرن التاسع عشر.

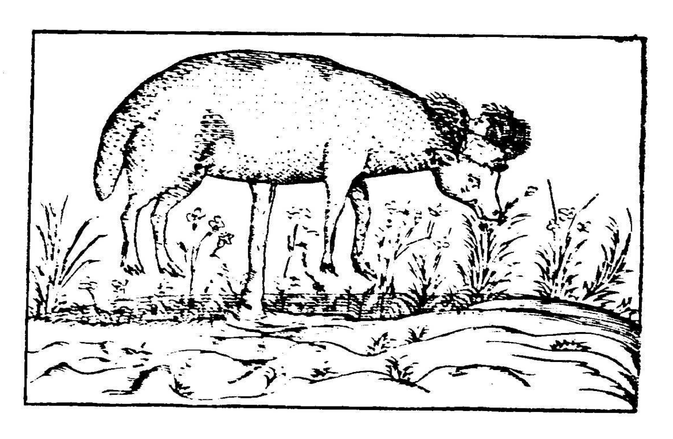
ووجدت نظرية التوالد الذاتى ترحيبًا لدى علماء القرون الوسطى، وذلك من القرن الخامس حتى الخامس عشر الميلادى، وهى الفترة التى سيطرت فيها الكنيسة الكاثوليكية على العلم والعلماء، حتى صار العالم يخشى أن يتهم بالكفر والإلحاد إذا ما فكر فيما يخالف المعتقدات الكنسية فى ذلك الوقت.

وخلال هذه القرون الطويلة من الجهالة العلمية سادت معتقدات عجيبة الشأن، منها أن الديدان المتطفلة فى الجهاز الهضمى للإنسان والحيوان - مثل الإسكارس - تتكون نتيجة فساد المعدة والأمعاء، حيث تتولد هذه الديدان ذاتيا من الغشاء المخاطى المبطن لجدار الأمعاء!.

واعتقد الكثيرون من علماء هذه الفترة المظلمة أن الضفادع والثعابين تتوالد ذاتيًا من الطمى المترسب على ضفاف الأنهار، لذلك تشاهد ضفادع غير تامة التكوين فى الماء (طور أبو ذنيبة)، وضفادع نصف متكونه بالقرب من الشاطئ، وعندما يكتمل توالد هذه الضفادع وتصل إلى حجمها وشكلها الطبيعى فإنها تقفز من شاطئ النهر إلى البر.



(شكل ٥): نظرية العناصر الأربعة لأرسطو، والتى افترض فيها أن أى مادة تتكون من أربعة عناصر أساسية بنسب مختلفة، هى الهواء والماء والأرض (التربة) والنار.



(شكل ٦): لوحة ترجع إلى عام ١٦٠٥، ينمو فيها خروف من أحد النباتات، مما يؤكد استمرار نظرية التوالد الذاتى حتى بداية القرن السابع عشر.

وكذلك الحال فى باقى المخلوقات، فالذباب يتكون من الغذاء المتعفن، والديدان تتوالد ذاتيا من اللحم الفاسد ومن المخلفات الحيوانية، والثعابين غير السامة تتكون من شعر النساء عند إلقائه فى مكان مظلم رطب، بينما تتكون الثعابين السامة من الأعمدة الفقرية للجثث التى ارتكب أصحابها ذنوبا فى حياتهم.

ولم يسلم البشر من هذه النظرية، فلقد ذكر هومر Humer شيئًا عن بشر كونتهم الطبيعة، كما لو كانت الأرض قد ولدتهم. وفى لوحة ترجع إلى عام ١٦٠٥ رسم أحد فنانى ذلك العصر خروفًا ينمو من أحد النباتات، مما يؤكد استمرار نظرية التوالد الذاتى إلى بداية القرن السابع عشر.

ولعله من المثير للدهشة ما وصفه عالم الطبيعة البلجيكى هليمونت Baptista van Helmont (١٥٧٧ – ١٦٤٤) فى القرن السابع عشر الميلادى من تعليمات

دقيقة عن إمكانية توالد الفئران ذاتيًا، وذلك باستعمال حبوب قمح أو شعير وبعض الخرق البالية.

وتتلخص طريقة هليمونت بوضع طبقة من الحبوب فى قاع وعاء من الفخار، ثم توضع فوقها طبقة من الخرق البالية، ثم طبقة أخرى من الحبوب وفوقها طبقة من الخرق البالية وهكذا حتى يمتلئ الوعاء.

وبعد ذلك يلف الوعاء بأكمله فى قطعة من الخرق البالية، ويترك فى ركن قبو مظلم لمدة ثلاثة شهور. وبعد مرور هذه الفترة يزال الغطاء الخارجى، فتشاهد فئران كبيرة تقفز من الوعاء، بينما تشاهد فئران صغيرة جدًا بالقرب من قاع الوعاء.

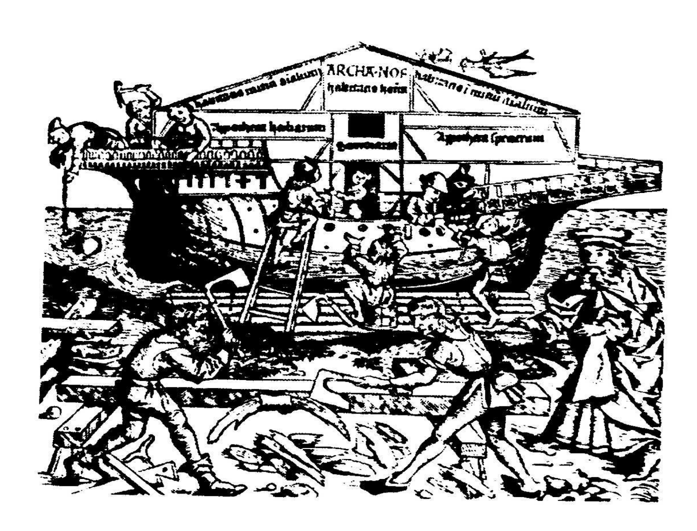
وهناك وصفة أخرى لإنتاج فئران بطريقة سريعة ابتكرها ذلك العالم البلجيكى بعد ذلك، تتلخص فى وضع بعض حبوب القمح داخل وعاء ذو فوهة ضيقة، ثم سد هذه الفوهة بقطعة من الخرق البالية. وبعد حوالى ثلاثة أسابيع فقط تتكون فئران بالغة تامة التكوين، تقفز فور تكوينها فى تمام الصحة والعنفوان.

ولقد فسر هليمونت توالد هذه الفئران ذاتيًا وذلك عن طريق تخمر يبدأ فى الخرق البالية، تتسرب رائحته تدريجيًا إلى الحبوب، متخللاً أغلفتها، فتتحول هذه الحبوب نفسها إلى فئران، بينما تصبح أغلفة الحبوب جلدًا خارجيا لهذه الفئران.

وتعتبر وصفة هليمونت لتوالد الفئران ذاتيًا نموذجًا ودليلاً على مستوى المعلومات الخاصة بعلوم الأحياء فى بداية القرن السابع عشر. وفى هذه الفترة شاع وجود وصفات أخرى عديدة لتوالد الضفادع والنحل باستعمال مواد مشابهة لما سبق.

وهكذا سادت البدع والأوهام العلمية على عقول علماء وفلاسفة ومفكرين القرون الوسطى (٥٠٠ – ١٥٠٠م) وحتى بداية القرن السابع عشر الميلادى، وأصبح ما يتم تدريسه فى جامعات أوربا يسير على هذا النهج اللا علمى.

ولعل من أهم الأسباب التى وطدت نظرية التوالد الذاتى خلال هذه الفترة الطويلة هو مباركة رجال الكنيسة الكاثوليكية لها، حيث لاقت منهم - حينذاك - استحسانا يدعمه أنه لم يذكر فى العهد القديم - التوراة - أن نبى الله نوح - عليه السلام - أخذ معه فى الفلك مثل هذه الأحياء السابق الإشارة إليها، فلابد وأنها تتكون بطريقة أخرى غير التكاثر المعتاد.



(شكل ٧): رسم يوضح بناء سفينة نوح - عليه السلام - لوحة معدنية ترجع إلى العصور الوسطى.

وفى تلك الفترة من القرون الوسطى، ساد الاعتقاد بأن الكتاب المقدس - بعهديه القديم والجديد - يحتوى على كل ما يحتاج إليه البشر من علوم، سواء كانت متعلقة بالنواحى الدينية، أم الآداب والدراسات النفسية، وكذلك المعارف والعلوم المختلفة.

وفى هذا الشأن، يقول الكاتب والفيلسوف المسيحى تيرتوليان Tertullian (١٦٠ - ٢٤٠م) وأشهر كاتب مسيحى فى القرن الثالث الميلادى: (إن أساس كل علم عند المسيحيين هو الكتاب المقدس وتقاليد الكنيسة، وأن الله لم يقصر تعليمنا بالوحى على الهداية إلى الدين فقط، بل علمنا بالوحى كل ما أراد أن نعلمه من الكون، فالكتاب المقدس يحتوى من المعرفة على المقدار الذى قدر للبشر أن ينالوه).

ولقد وضع تيرتوليان منهجًا سار عليه من جاء بعده من فلاسفة الدين المسيحى، حتى أجمعوا - فى القرون الميلادية الأولى - بأن جميع ما جاء فى الكتاب المقدس بعهديه من وصف للسماء والأرض، وما فيهما من أحياء، يجب التسليم به مهما خالف المنطق. ومن الواجب الإيمان بذلك كله أولاً، ثم - بعد ذلك - يجتهد المؤمن فى فهم ما آمن به.

وهكذا كان الطريق أمام العلماء والمفكرين محدد مسبقًا بما جاء فى الكتاب المقدس، وما يراه رجال الكنيسة فى ذلك الوقت، فإذا ما نزعت العقول إلى علم جديد، وضع العلماء كتبهم المقدسة أمام أنظارهم، وحصروا أفكارهم بين دفاتها، وإلا اتهموا بالهرطقة والزندقة وغير ذلك من اتهامات عقوبتها الوحيدة هى الموت.

وأدى سيطرة رجال الكنيسة على العلم والعلماء إلى سيادة مبدأ السلامة فى ترك الفكر والأخذ بالتسليم، وبذلك عمت قاعدة (أن الجهالة أم التقوى)، مما أدى إلى انحسار العلم، وحبسه داخل الأديرة. ومنعت الكنيسة نشر التعليم بين العامة، إلا ما كان دعوة إلى الإصلاح الدينى. ولقد أدى ذلك إلى تفشى الجهالة بين غير القساوسة، حتى فى أمور الدين وحقائقه وأسراره.

وكانت تفسر الحقائق العلمية - حينذاك - بجهالة، ومن ذلك أنه عندما ظهر المذنب هالى عام ١٦٨٢ اضطربت لظهوره أوربا، ولجئوا إلى البابا واستجاروا به، فأجارهم وطرد ذلك المذنب من السماء، فولى مذعورًا من لعنات البابا!!.

وساد فى ذلك الوقت اعتقاد بأن قوس قزح هو قوس حربى صنع بيد الله لينتقم به من عباده العاصين، إلا أن أحد علماء تلك الفترة - وهو «دى رومينس»

– قال إن هذا القوس ناتج عن انعكاس ضوء الشمس على قطيرات الماء. ولقد قبض على هذا العالم، وجلب إلى روما وسجن حتى مات، ثم حوكمت جثته وحكم عليها بالحرق، فحرقت هى وكتبه.

وأنشئت فى هذه الفترة المظلمة من القرون الوسطى هيئة لمراقبة أفكار العلماء والفلاسفة أطلق عليها محكمة التفتيش، وذلك بناءً على طلب الراهب «توركماندا» ، وقامت هذه المحكمة بعملها لمدة ١٨ سنة (١٤٨١ – ١٤٩٩)، مما نتج عنه حرق أكثر من عشرة آلاف شخص وهم أحياء، وشنق نحو سبعة آلاف، وعذب نحو عشرة آلاف شخص.

واشتدت محكمة التفتيش فى طلب أولئك المارقين من العلماء، حتى قرر مجمع لاتران Lateran فى روما عام ١٥٠٢ أن يكون من وسائل الاطلاع على أفكار العلماء الاعتراف الواجب أداؤه على المذهب الكاثوليكى أمام القسيس فى الكنيسة، أى الاعتراف بالذنوب طلبًا لغفرانها.

وكم من أفكار علمية وحقائق لا سبيل لإنكارها وقفت منها الكنيسة– حينذاك – موقف المحارب للهرطقة والإلحاد، حتى أن مجرد فكرة كروية الأرض أحدثت اضطرابًا شديدًا بين رجال الكنيسة، وقالوا إن ذلك مخالف لأصول الدين المسيحى.

وتحت هذه الظروف سادت نظريات غير علمية بين علماء القرون الوسطى، ودافعوا عنها سواء عن اقتناع بها أم خوفًا من بطش محاكم التفتيش، مثال ذلك نظرية مركزية الأرض التى ابتدعها عالم الفلك اليونانى بطليموس Claudius Ptolemy فى القرن الثانى الميلادى واستمرت حتى القرن السابع عشر.

واعتمدت هذه النظرية على أن الأرض ثابتة وسط الكون، وأن الشمس والقمر والكواكب الأخرى تدور من حولها. فلما نفى ذلك عالم الفلك الإيطالى «جاليليو» Galileu Gallilei (1564 - 1642) وقال إن الأرض تدور حول الشمس، اعتبرته الكنيسة الكاثوليكية منشقًا عنها واتهمته بالهرطقة، واضطر أن يعترف فى عام ١٦٣٣ بثبات الأرض أمام محكمة الكنيسة خوفًا من أن يحرق.

ولقد تضمن اعتراف جاليليو أمام مطارنة دير المينيرفا فى روما قسمًا بأنه سوف يكف تمامًا عن الرأى الخاطئ الخاص بأن الشمس هى مركز الكون ، وأنها ليست متحركة ، وأن الأرض ليست مركز الكون ، وهى متحركة .

كما أقسم جاليليو بعدم الدفاع عن آرائه الخاطئة ، وعدم تدريسها نظرًا لمخالفتها للكتاب المقدس ، وأعلن ذلك العالم توبته عن الضلالة التى كان فيها ، والتى تتناقض مع تعاليم الكنيسة .

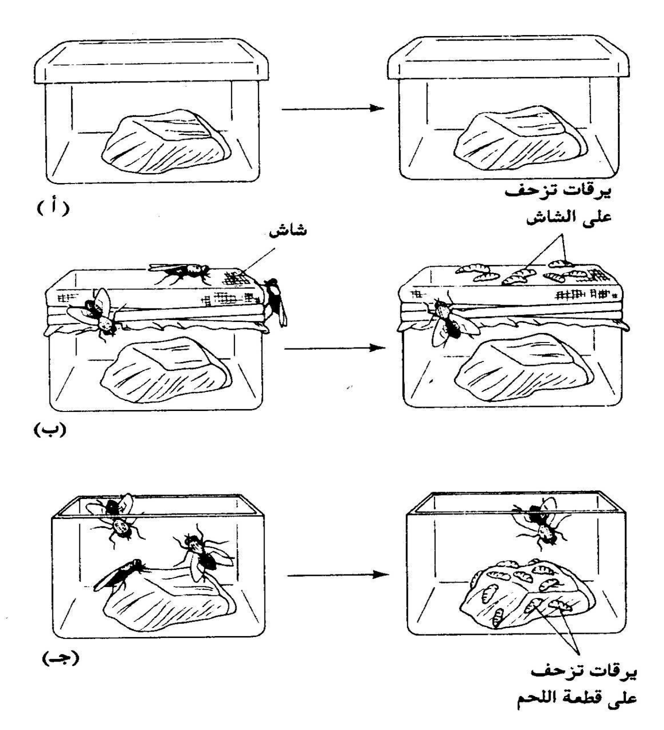
واستمرت عديد من النظريات الخاطئة – ومنها نظرية التوالد الذاتى – قرونًا طويلة سائدة على تفكير العلماء، وتطلب تفنيدها جهود كثير من العلماء والباحثين الذين جابهوا تعسف رجال الكنيسة فى ذلك الوقت.

وفى خلال الفترة من بداية القرن السابع عشر إلى منتصف القرن التاسع عشر وجد كثير من العلماء أن نظرية التوالد الذاتى ليست صحيحة، وأن الكائنات الحية تنشأ فقط من كائنات حية أخرى سابقة ومشابهة لها.

وتوالت التجارب التى توضح خطأ نظرية التوالد الذاتى، وكان عالم الطبيعة الإيطالى ريدى Francessco Redi (1626 - 1697) أول من اعترض على هذه النظرية على أساس أن مثل هذه الكائنات الحية تنشأ من أصل حيوى.

وفى عام ١٦٦٥ أجرى هذا العالم تجربة أوضحت أن اليرقات التى تظهر على اللحم المتعفن تنشأ عن فقس بيض الذباب الذى يضعه على اللحم، ولا يتولد ذاتيًا من ألياف اللحم المتعفن. وفى هذه التجربة وضع ريدى ثلاث قطع من اللحم كل منها داخل وعاء، غطى الأول بغطاء زجاجى، والثانى بقطعة من القماش الخفيف (شاش)، بينما ترك الوعاء الثالث بدون غطاء.

وترك ريدى التجربة لعدة أيام، لاحظ خلالها انجذاب الذباب لرائحة اللحم، وتجمعه على قطعة اللحم المكشوفة، وكذلك على شاش الوعاء الثانى، بينما لم يشاهد ذبابا على الوعاء المغطى بغطاء زجاجى، وبعد فترة قصيرة ظهرت اليرقات تزحف على قطعة اللحم المكشوفة، وأيضًا على الغطاء الشاش فى الوعاء الثانى، بينما لم تظهر هذه اليرقات على قطعة اللحم فى الوعاء المغطى بالشاش ولا على قطعة اللحم فى الوعاء المغطى بغطاء زجاجى، ولا على الغطاء الزجاجى نفسه.



(شكل ٨): تجربة العالم الإيطالى «فرانسيسكو رايدى» لإثبات خطأ نظرية التوالد الذاتى:
(أ) قطعة لحم موضوعة داخل وعاء زجاجى ومغطاة بغطاء زجاجى، لم يتجمع الذباب عليها ولم تظهر عليها يرقات.
(ب) قطعة لحم موضوعة داخل وعاء زجاجى ومغطاة بقماش خفيف. تجمع الذباب على القماش وظهرت عليه يرقات، بينما لم تظهر اليرقات على قطعة اللحم.
(جـ) قطعة لحم موضوعة داخل وعاء زجاجى دون غطاء، فتجمع عليها الذباب وظهرت اليرقات على قطعة اللحم.

وبهذه التجربة ربط ريدى بين تجمع الذباب على اللحم المتعفن ووضعه البيض علية أو بالقرب منه، وبين ظهور اليرقات نتيجة فقس البيض بعد بضعة أيام.

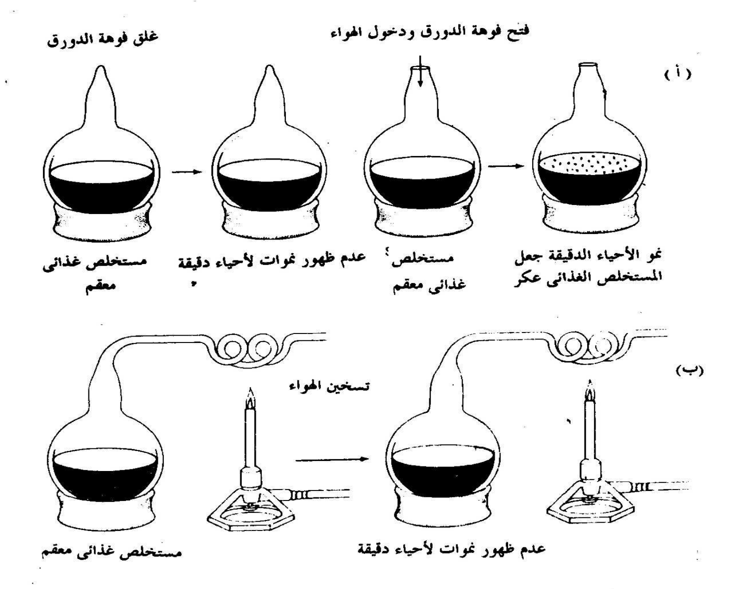
كما اعترض علماء آخرين على نظرية التوالد الذاتى للأحياء الدقيقة (الميكروبات)، والتى كان يفترض تولدها فى بيئات المحاليل الغذائية عند وصول الهواء إليها بما يحمله من قوة حيوية vital force !.

ومن هؤلاء العلماء العالم الإيطالى سبالانزانى Lazzaro Spalanzani (1729 - 1799)، والعالم الألمانى شفان Theodor Schwann (1810 - 1882)، ولقد أوضح هذان العالمان أن غليان مستخلص الخضراوات، أو مستخلص اللحم فى الدوارق الزجاجية ثم غلقها بإحكام يمنع تلوثها بمثل هذه الأحياء الدقيقة.

إلا أن المؤيدين لنظرية التوالد الذاتى – وعلى رأسهم القس الكاثوليكى الإنجليزى «نيدهام» John Needham – هاجموا مثل هذه التجارب، معللين عدم ظهور الأحياء الدقيقة بمنع الهواء عن البيئة الغذائية، مما أفسد القوة الحيوية اللازمة لتوالد الأحياء الدقيقة ذاتيًا!.

وأعاد العالم الإيطالى «سبالانزانى» – المعاصر للقس «نيدهام» – تجربته السابقة ولكن مع سحب فوهة الدورق الزجاجية فى شكل إنبوبة ملتفة، وسخن الهواء بداخلها، وعرض البيئة داخل الدورق للغليان. واستمرت البيئة لفترة طويلة دون أن تتلوث بالأحياء الدقيقة، رغمًا عن اتصالها بالهواء الخارجى ولكن بعد تعرضه للحرارة لقتل ما به من أحياء دقيقة (ميكروبات).

وعلى الرغم من النجاح الذى حققه علماء القرن الثامن عشر فى هدم نظرية التوالد الذاتى، إلا أن إعادة مثل هذه التجارب مرات عديدة كان يصادفه الفشل أحيانًا، حيث رجع ذلك إلى أن بعض البكتريا تكون جراثيمًا تتحمل الحرارة بدرجة كبيرة، ولا تموت بالغليان لفترة قصيرة.



شكل (٩) : بعض التجارب التى أجريت بغرض دحض نظرية التوالد الذاتى:

(أ) : تجربة العالم الإيطالى سبالانزانى (1799-1729) Spallanzani. والتى تم فيها تسخين دورق زجاجى يحتوى على محلول مغذى، ثم أغلقت فوهة الدورق، حيث لم تنم أحياء دقيقة بعد ذلك فى المحلول المغذى. فإذا ما كسرت فوهة الدورق المغلق ودخل الهواء، تلوث المحلول المغذى بالأحياء الدقيقة. ولقد اعترض بعض العلماء على هذه التجربة لأن التوالد الذاتى يحتاج إلى الهواء النقى (القوة الحيوية Vital Force).

(ب) : تجربة العالم الألمانى (1882 - 1810) Schwann راعى فيها اعتراض العلماء المؤيدين لنظرية التوالد الذاتى، حيث صمم تجربته على أساس تسخين الدورق الزجاجى المحتوى على المحلول الغذائى، بينما سحب فوهة الدورق ليصنع منها أنبوبا طويلا منحنيا ، وسخن الهواء داخله ليقتل الأحياء الدقيقة به. وبعد فترة لم تنم أى أحياء دقيقة فى المحلول الغذائى رغمًا عن اتصاله بالهواء النقى. ولقد هاجم مؤيدو نظرية التوالد الذاتى هذه التجربة أيضًا على أساس أن تسخين الهواء قتل القوة الحيوية.

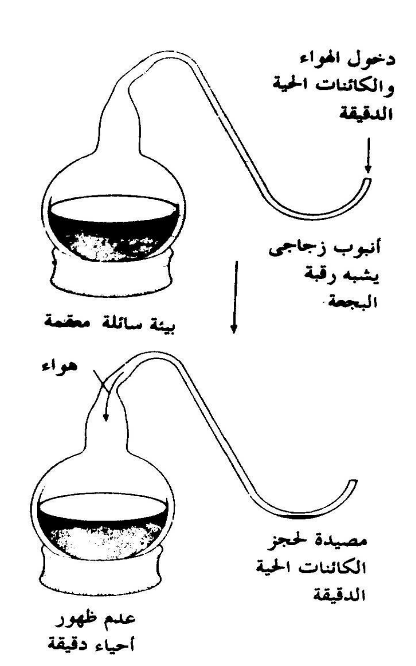
ولكن أدت هذه التجارب إلى فقد مصداقية نظرية التوالد الذاتى التى ابتدعها الفيلسوف اليونانى أرسطو واستمرت سائدة على عقول العلماء نحو تسعة عشر قرنًا من الزمان، فأحاطت بها الشكوك من كل جانب وتهدمت دعائمها مع مرور الوقت. ولكن كان لهذه النظرية بعض العلماء المدافعين عنها، ربما لرغبتهم فى عدم إحداث فتنة علمية عن أصل الحياة تؤدى إلى بلبلة الرأى العام، ومخالفة لموقف الكنيسة الكاثوليكية فى ذلك الوقت.

ولم يحسم الأمر إلا تجربة قام بها العالم الفرنسى «لويس باستير» Louis Pasteur (1822 - 1895) فى أواخر القرن التاسع عشر، أنهى بها ذلك الجدل الطويل حول قضية أصل الحياة على الأرض، والذى استمر قرونًا طويلة.

ولقد صمم باستير تجربته بوضع بيئة عبارة عن مستخلصات غذائية (مثل عصير بنجر السكر) فى دوارق زجاجية كروية الشكل، ثم سخن فوهة الدورق وسحبها على صورة أنبوب طويل منحن يشبه رقبة البجعة Swan-necked flask.

وبعد ذلك عرض «باستير» محتويات الدوارق للغليان حتى يقتل الأحياء الدقيقة (الميكروبات) الموجودة بها، ثم وضعت الدوارق على حوامل فى درجة حرارة الغرفة لعدة أيام، مع ترك فوهة العنق الزجاجى معرضة للهواء العادى بطريقة مباشرة حتى لا يترك فرصة لنقد تجربته من أولئك الذين مازالوا يعتقدون فى نظرية التوالد الذاتى واحتياجها للقوة الحيوية Vital Force.

ولم تظهر أية نموات ميكروبية فى البيئات الغذائية داخل دوارق باستير بعد مرور أيام طويلة، وعزا باستير ذلك إلى عدم وصول هذه الأحياء الدقيقة عبر العنق الزجاجى إلى البيئة الغذائية. وعندما سمح باستير لجزء من البيئة السائلة بالمرور خلال الأنبوب الزجاجى الملوث بالأحياء الدقيقة ثم رجوعه مرة أخرى إلى البيئة الغذائية، تلوثت البيئة بالميكروبات بعد أيام قليلة.



شكل (١٠) : دورق زجاجى ذو رقبة طويلة منحنية تشبه رقبة البجعة، والتى أثبت بها لويس باستير عدم تلوث البيئة الغذائية بعد غليانها، مما زعزع أركان نظرية التوالد الذاتى التى استمرت قرونا طويلة مسيطرة على العلماء المهتمين بأصل الحياة على الأرض.

وقوبلت نظرية باستير بالرفض من بعض علماء عصره، خاصة أنهم أعادوا تجاربه فى معاملهم بنفس الأسلوب الذى اتبعه باستير، إلا أن المحلول الغذائى تلوث بالأحياء الدقيقة بعد غليانه وتركه لفترة، مما زادهم اقتّناعًا بنظرية التوالد الذاتى.

ولكن ثبت بعد ذلك أن هؤلاء العلماء استعملوا قش القمح فى تجاربهم كمادة غذائية. ونظرًا لأن هذا القش يحتوى على نسبة عالية من البكتريا المتحملة للحرارة العالية، فإن الغليان لفترة قصيرة لم يكن كافيًا لقتل هذه البكتريا، وهكذا فشلت تجاربهم.

وفى عام ١٨٦٤ وقف لويس باستير فى جامعة السوربون بباريس يلقى نتائج أبحاثه التى توصل إليها، معلنًا انتهاء نظرية التوالد الذاتى التى سيطرت على عقل البشر حتى منتصف القرن التاسع عشر، ومعلنًا مولد نظرية الأصل الحيوى للأحياء Biogensis .

وعلى الرغم من أن كثيرين من علماء القرن السادس عشر مثل «فيرونا» F.Verona (1483-1553) ، وعلماء القرن السابع عشر مثل القس «كريشر» Kricher وعلماء القرن الثامن عشر مثل «بلانسيز» Plenciz كانوا يعتقدون فى وجود كائنات حية دقيقة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، يمكنها أن تسبب فساد اللحم وتلوث البيئات الغذائية، إلا أن هؤلاء العلماء كان ينقصهم الدليل القاطع لإثبات اعتقادهم.

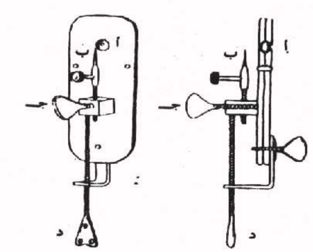
إلا أن صانعًا هولنديًا للعدسات لعب دورًا هامًا فى تتابع هذه الأحداث، ويسر رؤيتها مضيفًا للعلم وسيلة للفحص، فمن كان هذا العالم؟

إنه «فان ليفنهوك» Antony van Leeuwenhock (1632-1723) صانع العدسات الهولندى الذى عاش فى دلفت، والذى برع فى صناعة العدسات المكبرة، والتى كانت تعتبر – حينذاك – من الأدوات باهظة الثمن، كما كانت النظارات الطبية شيئًا غير مألوف.

وحتى عام ١٦٧٣ ، كان «ليفنهوك» مستغرقًا فى صناعة العدسات، ولكنه بدأ يهتم بفحص ما حوله مستعملاً عدسات مكبرة، حيث بهره ذلك العالم الخفى المثير، عالم الأحياء الدقيقة.

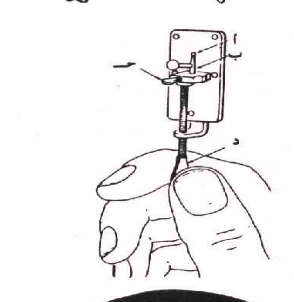
واستمر ليفنهوك فى فحص ومراقبة الأحياء الدقيقة – ومنها الفطريات بطبيعة الحال – مستعملاً مجاهر بسيطة صغيرة الحجم، مكونة من عدسة واحدة مكبرة، وذلك خلال نصف قرن من الزمن دون أن يصيبه الكلل أو ينال منه السأم.

ولم يكتف ليفنهوك بالفحص والمشاهدة، بل دوّن مشاهداته ورسمها، مسجلاً كل ما يراه فى مياه البرك، ومن بقايا الطعام بين أسنانه. وتوضح رسوماته أنه شاهد أنواعًا من البروتوزوا والبكتريا والفطريات الهيفية والخمائر.



شكل (١١) : تركيب مجهر ليفنهوك:

تثبت العدسة (أ) بين صفيحتين معدنيتين، بينما توضع العينة المراد فحصها على قمة العمود المعدنى (ب). ويتم ضبط دقة الفحص عن طريق مفتاح لولبى (جـ) ، (د) .

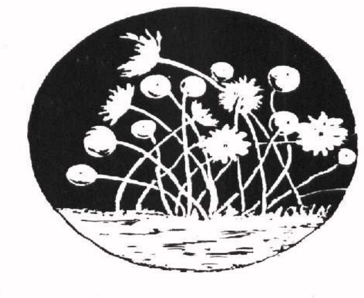


شكل (١٢) : رسم يوضح كيفية استعمال مجهر ليفنهوك البسيط فى الفحص.

(أ) عدسة مكبرة مثبتة بين صفيحتين رقيقتين من المعدن.

(ب) عمود معدنى للفحص، يتحرك عن طريق مسمار لولبى (جـ) .

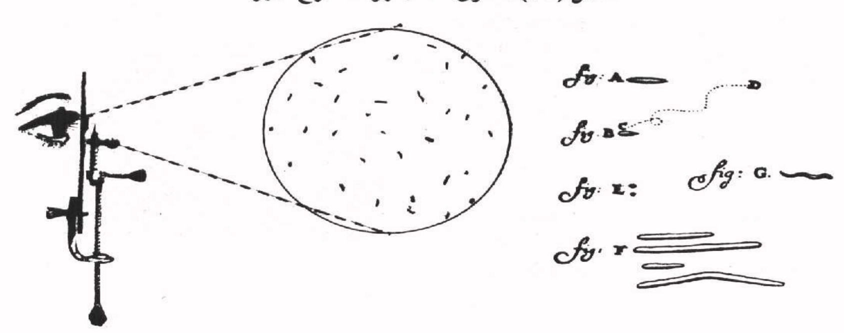
ويتم الفحص عن طريق حمل المجهر وتقريبه من العين، مع توجيه المجهر إلى مصدر ضوئى.



شكل (١٣) : رسم تخطيطى رسمه العالم الهولندى ليفنهوك يوضح فيه فطر العفن الأزرق (يرجع إلى عام ١٦٦٥).



شكل (١٤) : أنتونى فان ليفنهوك، مخترع المجهر.



شكل (١٥) : رسم يوضح كيفية فحص عينة بمجهر ليفنهوك، بينما يوضح الرسم على اليمين بعض أشكال الأحياء الدقيقة التى فحصها ورسمها ليفنهوك.

وساعد ليفنهوك على عملة فى صناعة المجهر خبرته فى صقل العدسات، حيث تمكن بمفرده من تصميم وصناعة أكثر من ٢٥٠ نظامًا مجهريًا مختلفًا، وصل فيها قوة تكبير الأشياء إلى نحو ٣٠٠ ضعف الحجم العادى.

ولقد أطلق ليفنهوك على ما شاهده من أحياء دقيقة اسم (الحيوانات البرية الصغيرة)، وبعد ذلك بسنوات قليلة أصدر كتابًا يشرح فيه أسرار الطبيعة المكتشفة بواسطة المجهر، سجل فيه مشاهداته ورسوماته العلمية القيمة.

وواظب ليفنهوك على إرسال مشاهداته ورسوماته إلى الجمعية الملكية البريطانية British Royal Society فى خطابات وصل عددها إلى حوالى ٢٠٠ خطاب، ثم أعلن عن نتائج أبحاثه دون أن يكشف عن سر صناعته للمجهر.

وقوبلت هذه الأبحاث والمشاهدات - حينذاك - بالسخرية، فى وقت كانت نظرية التوالد الذاتى مازالت تلاقى قبولاً لدى الأوساط العلمية، واستحسانًا من رجال الكنيسة. هذا مما قلل من أهمية اكتشافات ليفنهوك فى ذلك الوقت، حيث اعتبرها العلماء أنها عبارة عن كائنات شاذة غريبة الأطوار ليست لها أهمية واضحة فى حياة الإنسان.

واستمر هذا التجاهل قائمًا حتى قام لويس باستير بتجربته المتقنة لتفنيد نظرية التوالد الذاتى، وإثبات الأصل الحيوى للأحياء. ولقد استغل باستير اختراع ليفنهوك للمجهر لكى يستكمل أبحاثه ويدعم نظريته العلمية بدلائل أخرى واقعية.

واستعمل لويس باستير فى تجربته الجديدة قطعا من القطن لترشيح الهواء مما يعلق به من جراثيم الأحياء الدقيقة، ثم أذاب محتويات القطن فى مخلوط من الكحول والإيثير، ثم جمع باستير جراثيم الأحياء الدقيقة المترسبة فى قاع المذيب المستعمل وفحصها باستعمال المجهر، مقارنًا عددها وأنواعها مع تلك المتحصل عليها باستعمال قطن نظيف.



شكل (١٦) : العـــالم الفرنسى لويس باستير فى معملـــه بباريس. ويظهر على منضـدة التجارب نموذج لقارورة ذات فوهة طويلة وضيقة، بينما يفحص باستير معلـــق مـــن جراثيـم الأحياء الدقيقة باستعمال المجهر الذى اخترعه العالم الهولندى انتونى فان ليفنهوك.

ولقد أوضح الفحص المجهرى زيادة أعداد الميكروبات فى قطع القطن المستعملة فى ترشيح الهواء، مما يدل على أن الهواء يحمل جراثيـم الأحيـاء الدقيقـة التـى تعمل على تلوث البيئات الغذائية، مما يدعم نظرية الأصل الحيوى للأحياء.

وهكذا أدى رؤية ذلك العالم الخفى من الكائنات الحية الدقيقة إلى القضاء على نظرية التوالد الذاتى، فزاد الجدل حول أصل الحياة ونشأتها، وأضاف ذلك زيتًـا علـى النـار المشتعلة بـين علمـاء ذلـك العصـر ممـا أثـار حفيظـة رجـال الكنيسـة الكاثوليكية، وكانت هذه بداية النهاية لتدخل الكنيسـة فـى النظريـات العلميـة، ودخول العالم إلى عصر العلم الحديث.

٣ – الخبز.. طعام الإنسان منذ فجر التاريخ

يعتبر الخبز من أقدم الأطعمة التى صنعها الإنسان، ولعله الطعام الوحيد المشترك بين شعوب العالم القديم حتى يومنا هذا. وقد عثر العلماء على آثار خبز مصنوع من دقيق خشن فى سويسرا ترجع إلى العصر الحجرى، حيث كان الإنسان البدائى يجمع حبوب القمح – وغيره من الحبوب الأخرى – ويفتتها، ثم يصنع منها خبزًا.

ولقد وجد داخل أهرامات الجيزة أكوامًا من الخبز الجيد التخمر مصنوعًا من دقيق الذرة الرفيعة، مستدير الشكل محدب، مما يدل على أنه تم خبزه على حجارة محدبة الشكل بعد تخميره، وكذلك وجدت أنواعًا من القطير غير المختمر وذلك قبل ميلاد السيد المسيح بنحو ثلاثة آلاف سنة.

ويقول المؤرخ اليونانى هيرودوت Herodotus (٤٨٥ – ٤٢٥ قبل الميلاد) – الملقب بأبى التاريخ – إن المصريين القدماء نبغوا فى صناعة الخبز نبوغًا تامًا، ووصلوا بهذه الصناعة إلى أبعد حدود الإتقان. وكان المصريون يصنعون الخبز من القمح أو الشعير أو الذرة، أما الخبز الأبيض المصنوع من دقيق القمح الخالص فكان طعام الأغنياء فقط. وتظهر على الآثار الفرعونية نقوشًا لأرغفة من الخبز المستدير، يبدو عليها بذور بعض النباتات تشبه السمسم كما نفعل نحن الآن فى الخبز الأفرنجى.

ومنذ ذلك الحين احتل الخبز مركزًا رئيسيًا فى الطعام اليومى لنا، وإذا ألقينا نظرة على قائمة الأطعمة التى يأخذها الميت معه فى ذلك العهد الفرعونى القديم، وجدنا القائمة تضم خمسة عشر نوعًا من الخبز، ثم إزداد هذا العدد إلى أربعين نوعًا فى الدولة الفرعونية الحديثة.

ويمكن تتبع مراحل صناعة الخبز من النقوش البارزة على مصاطب قدماء المصريين، فنجد أنه يتم سحق الحبوب فى هاون، ويأخذ الطحان الدشيش فيطحنه على حجر كبير وينخله، ثم تحمى أطباق من الفخار فى النار وتوضع فيها العجينة المصنوعة من الدقيق واللبن، وقد يضاف إليها العسل والزبد والبيض، بالإضافة إلى كرة من عجين قديم يستخدم كبادئ للتخمر.



شكل (١٧) : تمثال صغير مصنوع من الحجر الجيرى يرجع إلى الأسرة الخامسة (٢٥٦٣ - ٢٤٢٣ قبل الميلاد) يمثل خادما يجهز البيرة لسيده.



شكل (١٨) : تمثال مصنوع من الحجر الجيرى لامرأة أثناء قيامها بطحن الحبوب لصناعة الخبز (يرجع إلى عام ٢٢٥٠ قبل الميلاد).

وعلى الرغم من قدم صناعة الخبز، والتى تضرب بجذورها فى عمق التاريخ الإنسانى، إلا أن الإنسان لم يفطن إلى دور فطريات الخميرة فى هذه الصناعة الحيوية إلا منذ أمد قريب.

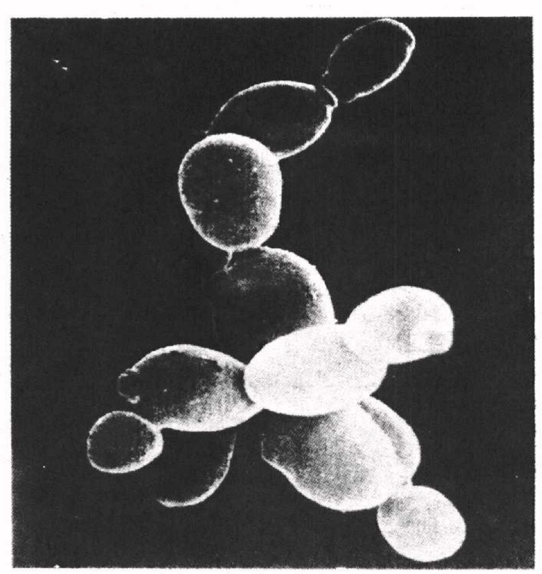
فلقد تمتع الإنسان بتناول أرغفة خبز جيدة التخمر بفعل فطر الخميرة، والتى يطلق عليها خميرة الخباز *Saccharomyces cervesia*. وعادة تضاف الخميرة - سواء الطازجة أم المجففة - إلى العجين أثناء تجهيزه، حيث يترك لفترة فى جو دافئ حتى يتم تخميره.

وخلال عملية تخمر العجين تنطلق كميات لا بأس بها من المواد المتطايرة مثل كحول الإيثانول والأسيتالدهيد، بالإضافة إلى غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يعمل على رفع العجين وجعله مسامى القوام، حيث تتم عملية تخمر العجين بعد حوالى أربع ساعات.

ولقد صاحب إنتاج الخبز فى الحضارات القديمة إنتاج الجعة (البيرة)، حيث كانت المشروب الشعبى لقدماء المصريين؛ وكانوا يطلقون عليها اسم (الخبز السائل). وصنعت الجعة المصرية فى ذلك الوقت من الشعير والقمح والبلح، وكانت أدوات صناعتها تتكون من قوالب تشبه تلك التى يستخدمها الخباز، ولكن تكون عادة كبيرة الحجم.

وتدل النقوش الفرعونيـة القديمة أن المصريين القدماء كانوا يصنعون الخبز ويخبزونه فى قوالب من الفخار حول الموقد، وفى نفس الوقت كانوا يجهزون عجينة تسمى واجيت (بمعنى الطازجة) ويسكبونها فى قوالب شديدة الحرارة تبقى فيها لفترة قصيرة، بحيث تلفح الحرارة وجهى الرغيف، بينما يظل اللباب الداخلى نيئًا.

ويستعمل هذا الخبز غير الناضج فى صناعة الجعة، حيث يقطع إلى فتات صغيرة ويوضع فى وعاء كبير، ثم يخلط بسائل سكرى ناتج من نقع البلح. ويترك هذا الخليط ليتخمر بفعل فطريات الخميرة، وبعد ذلك يصفى ويحفظ فى جرار فخارية صغيرة يتم غلقها بإحكام.



شكل (١٩) : فطر الخميرة تحت المجهر الإليكترونى. لاحظ تبرعم الخلايا .

وكذلك عرف المصريون القدماء النبيذ، وكانوا يصنعونه من عصير العنب الذى كان يزرع فى الدلتا. وبرع المصريون القدماء فى صناعة النبيذ – والذى يستخدم فى تجهيزه أيضا فطريات الخميرة – حيث أنتجوا منه أنواعا مختلفة مثل النبيذ الحلو (الطازج) والنبيذ المصفى.

وكانت قطوف العنب توضع فى أوعية من الحجر، فيأتى الرجال ويمسكون بحبال مدلاة من عارضة خشبية كى يحفظوا توازنهم، ويدوسون العنب بأرجلهم على وقع الأناشيد وتصفيق الأيدى. ويترك عصير العنب بعد ذلك فى وعاء كبير حتى يتخمر بفعل الفطريات، ثم يترك ليتعتق فى قدور فخارية طويلة ذات قيعان مدببة، حيث يحكم غلقها بكتل من الجبس.

ولقد انتقلت طريقة صناعة الخبز المتخمر بعد ذلك – من خلال هجـرة اليـهود من مصر – إلى الدول الأخرى المحيطة بمصر، مثـل اليونـان وإيطاليـا، ومنـها إلى باقى دول العالم.

واستمرت صناعة الخبز بنفس طريقة المصريين القدماء حتى بداية القرن التاسع عشر، حيث عرف وقتها ماهية التخمر الذى تقوم به فطريـات الخمـيرة، والمـواد الناتجة عنه والتى تلعب دورًا هامًا فى تحسين طعم وقوام رغيف الخبز.

وما زلنا نحن أحفاد الفراعنة نصنع أنواعًا من الخبز مستعملين نفـس فطريـات الخميرة، التى تحمل لنا روائح الماضى البعيد والتاريخ الحـافل التليـد منـذ قـرون طويلة مضت وأخرى آتية إن شاء الله.



٤ – ستيك اللحم النباتى..

هل تذوقت يومًا لحمًا نباتيًا؟.

ربما تكون قد تذوقته فعلاً وأعجبك دون أن تدرى، فإذا كنت مازلت تجهله، فدعنى أبوح لك بالسر، إنه عيش الغراب.

وليس عيش الغراب فقط هو ما يؤكل من الثمار الفطرية، ولكن هناك ثمارًا لأنواع أخرى لا تمت لفطريات عيش الغراب بصلة، تؤكل هى الأخرى منذ عهد بعيد خاصة فى بعض الحضارات القديمة التى تم اكتشافها عن طريق الصدفة.

ففى نهاية القرن الخامس عشر (عام ١٤٩٢)، أراد بحار إيطالى مغامر يدعى كريستوفر كولومبس (1506 - 1451) Columbus أن يختصر الطريق إلى الهند بعد إثبات كروية الأرض، فإذا به يكتشف قارة جديدة هى قارة أمريكا، ومات وهو لا يدرى ذلك.

وفتح كولومبس عينيه وعيون العالم على أرض جديدة، وشعب من البشر اعتقد أنهم هنود، وأسماهم بالهنود الحمر نظرًا لأنهم يقومون بصبغ أجسامهم بصبغة تشبه الحناء عندنا فى بلادنا العربية، مأخوذة من أكسيد الحديد المائى الذى يعرف بحجر الدم Hematite ، ولكن كولومبس اهتم بالمظهر وجمع الثروات من طيور ونباتات نادرة، وأيضا من العبيد والإماء، دون أن يبحث عن الجوهر.

وبعد ذلك بسنوات، تعاقب خلالها المكتشفون والمغامرون لاقتحام هذه القارة البكر، وساقت الأقدار أحد علماء النبات الإيطاليين وهو «جارلو بيرتيرو» Bertero ليكتشف فطرًا جديدًا لم يراه العالم من قبل.

فلقد لاحظ «بيرتيرو» عند جولته فى أمريكا الجنوبية – خاصة شيلى– أجسامًا ثمرية كروية الشكل بحجم كرات الجولف، ذات ألوان برتقالية وصفراء تنمو على الفروع الحية لأشجار الزان. وعندما تذوق «بورتيرو» هذه الثمار وجدها حلوة المذاق.

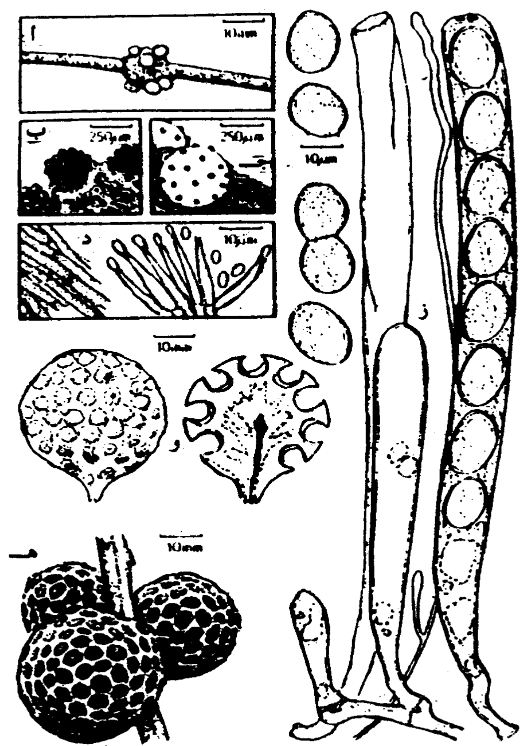
ولاحظ هذا العالم الإيطالى أن الأهالى من هنود الإنديز يستعملون هذه الثمار فى غذائهم كطعام تقليدى، وكانوا يأكلونها مع السمك المسلوق. واعتاد بحارة السفن الأسبانية على تناول هذه الثمار، وكانوا يجمعونها من على الأشجار، حيث يتم تخزينها ضمن مؤنة السفر عند العودة إلى أسبانيا وذلك منذ عام ١٧٦٥.

واعتقد «بورتيرو» – فى أول الأمر – أن هذه الثمار الكروية عبارة عن تدرنات ناتجة عن الجروح التى تحدثها الحشرات التى تهاجم أشجار الزان، وذلك كما هو مألوف على بعض الأشجار فى أوربا. إلا أنه اكتشف سهولة انفصال هذه الكرات الثمرية عن فروع النبات، وهذا جعله يشك فى كنهة هذه الثمار.

وسجل «بورتيرو» ملاحظاته عن هذه الثمار العجيبة، واستبعد أن تكون ذات أصل نباتى، ونظرًا لطبيعة شكل الثمار وتشقق جلدها الخارجى وظهور أنابيب تفرز مادة لزجة لبنية القوام تجف بعد فترة وتظهر منها جراثيم مسحوقية، فلقد اعتقد هذا العالم أن هذه الثمار لأحد الفطريات الممرضة للنبات والتى تتطفل على أشجار الزان.

ولم يمهل القدر «بورتيرو» فسحة من الوقت ليستكمل دراساته على هذه الثمار الفطرية العجيبة، حيث فقد فى رحلة العودة ومعه عينات من هذه الثمار بعد غرق السفينة التى كان يستقلها من تاهيتى.

إلا أن عالم الطبيعة البريطانى الشهير تشارلز دارون (1882 - 1809) Darwin كان يتابع ملاحظات «بورتيرو»، وجمع بعضًا من هذه الثمار العجيبة وأرسلها إلى عالم الفطريات الإنجليزى المعروف «بيركلى» Berkely الذى اهتم بها ووصفها وصفًا علميًا وأعطى لها اسم *Cyttaria* وكان ذلك عام ١٨٤١، ومازالت هذه الثمار التاريخية التى وصفها «بيركلى» محفوظة فى متحف الأعشاب النباتية التابع للحدائق النباتية الملكية بمدينة كيو بإنجلترا.



(شكل ٢٠): الفطر *Cyttaria sp.* : (أ – جـ) مراحل مختلفة لنمو الأجسـام الثمريـة ، والطـور الكونيدى (د) .

(هـ – ز) الفطر *Cyttaria espinosae* : مراحل مختلفـة من تكوين الحشية الثمريـة الأسكية.

(عن **Minter et al., 1987**).

ولقد توالت الدراسات على هذه الثمار المأكولة من الفطر *Cyttaria* ، والتى بلغ عدد أنواعها المعروفة حوالى ١٢ نوعًا، تم وصفها وتحديد نوع الأشجار التى تنمو عليها. وتوجد معظم هذه الأنواع فى معهد الفطريات الدولى بإنجلترا دون أن تجد لها حظًا على مائدة العالم ضمن المأكولات الجديدة.

ونعود إلى ستيك اللحم النباتى المصنوع من شرائح ثمار عيش الغراب، والذى كان أوفر حظًا من ثمار فطر *Cyttaria* السابق الذى لا يقل عن عيش الغراب فى الطعم ولا القيمة الغذائية، ولكن الدنيا حظوظ، وهذا ينطبق على البشر وعلى ما يأكلونه من ثمار.

ومن حسن الطالع أن ثمار عيش الغراب وجدت لنفسها مكانًا بين أطعمتنا الشرقية، حيث تقدم مع غيرها من الأطعمة المحببة إلينا. ويمكن طهى ثمار عيش الغراب بطرق متنوعة، وإن كنت أفضل ثمار عيش الغراب المحارى المتبلة سواء مشوية أو بانيه.

ولكن هل تعتبر ثمار عيش الغراب لحمًا حقيقيًا بطعمه وقيمته الغذائية؟ إن الإجابة على هذا السؤال بالإيجاب، وهذا ليس حكمى أنا، فقد أكون إنسانًا متحيزًا لعيش الغراب بحكم تخصصى العلمى وحبى للفطريات، ولكنه حكم أعتز به من شخص يصعب عليك انتزاع إعجابه بطعام ما، فما بالك بطعام غير مألوف له؟.

وهذا الشخص الحبيب إلى قلبى هو أخى الأصغر إبراهيم، الذى يجيد الطهى، وتجده فى مطبخك يحكم على الطعام من رائحته. وفى أحد الأيام جلس وأسرته على مائدتنا حيث تناول لحم دجاج بانيه ومعه ثمار من عيش الغراب المحارى مطهوه بانيه هى الأخرى، وتعمدت أن أقدم لأخى ثمار عيش الغراب، فأثنى عليها دون أن يعرف حقيقتها، وكان هذا الثناء موجهًا إلى زوجتى بطبيعة الحال، وهى تستحق ذلك بكل تأكيد.

وهكذا فإن ثمار عيش الغراب المطهوة تماثل طعم اللحم والدواجن عند طهيها، وهى أيضا تقاربهما فى قيمتها الغذائية. فهذه الثمار تحتوى على نصف وزنها الجاف بروتينات صافية يتم امتصاصها بكاملها أثناء الهضم. وهذه البروتينات كاملة القيمة الغذائية وذلك لاحتوائها على جميع الأحماض الأمينية الأساسية التى لا يستطيع جسم الإنسان بناءها بنفسه.

ولا يجوز مقارنة بروتينات ثمار عيش الغراب بالبروتينات النباتية التى توجد فى البقوليات (كالفول والعدس والبسلة وغيرها)، حيث أن هذه البروتينات النباتية ناقصة القيمة الغذائية نظرًا لعدم احتوائها على جميع الأحماض الأمنية الأساسية اللازمة لبناء جسم الإنسان. ويؤدى عدم حصول الجسم على جميع هذه الأحماض إلى اختلال التمثيل الغذائى وعدم نمو الجسم نموًا طبيعيًا.

وعلى الرغم من ارتفاع نسبة البروتين فى ثمار عيش الغراب، إلا أن محتواها من الدهون قليل، لا يتجاوز ١٪ من وزنها الطازج. وتوجد هذه الدهون على صورة ستيرولات وليست فى صورة كوليسترول، وهذا يفيدنا من الناحية الصحية، فلا تتراكم الدهون فى الكبد وشرايين الدم ولا يصادفنا مشاكل ضغط الدم وأمراض القلب.

ومعظم الكربوهيدرات الموجودة فى ثمار عيش الغراب عبارة عن مانيتول، بالإضافة إلى نسب مختلفة من سكريات الفراكتوز والجلوكوز والسكروز، إلا أن الكمية الكلية من هذه الكربوهيدرات لا تزيد على ٤,٥ جرام لكل ١٠٠ جرام ثمار طازجة، وهذه الكمية ينتج عنها ٢٥ سعرًا حراريًا فقط، وبالتالى فإن هذه الثمار تعتبر غذاءً مفيدًا للباحثين عن الرشاقة.

كما تعتبر ثمار عيش الغراب مصدرًا هامًا للأملاح المعدنية التى يحتاجها الجسم، مثل البوتاسيوم والفوسفور والحديد والنحاس، ومن ثم فإن التغذية المستمرة على عيش الغراب تؤدى إلى تحسين نمو الجسم، وتوفير الطاقة الحيوية، وزيادة كفاءة الدم فى نقل الأكسوجين من الرئتين إلى الأنسجة.

وحيث أن ثمار عيش الغراب الطازجة تحتوى على نسبة عالية من الماء تصل إلى حوالى ٩٠٪، فإن الفيتامينات الموجودة بالثمار هى تلك الذائبة فى الماء، مثل حمض النيكوتنيك والريبوفلافين وحمض البانتوثينيك، بالإضافة إلى كميات بسيطة من حمض الفوليك والكولين والبيوتين.

وعلى ذلك فإن هذه الفيتامينات لا يمكن تخزينها فى الجسم نظرًا لذوبانها فى الماء، لذا وجب الحصول عليها طازجة فى طعامنا اليومى، خاصة بالنسبة إلى الأطفال والشيوخ والحوامل والناقهين.

ولقد تعودت دائمًا عند التحدث عن القيمة الغذائية لثمار عيش الغراب أن أوضح سهولة زراعته فى المنزل، وربما نتذكر ذلك الزمن الذى كانت فيه ربة المنزل تربى فيه الطيور فى منزلها، وتحصل على بيض طازج يوميًا لأبنائها، ولكن ها هو الزمن الجيد يعود مرة أخرى بخيره، ونقوم بزراعة عيش الغراب فى منازلنا لنحصل على ثماره الطازجة يوميًا.

ولكن عندما تزرع عيش الغراب فى منزلك، فإنك سوف تحرم من الاستيقاظ مبكرًا على صياح الديكة، لأن عيش الغراب صامت ومحب للهدوء، كما لا توجد مخلفات وروائح كريهة تضطر إلى تنظيفها يوميًا حيث أن زراعة عيش الغراب لا يتخلف عنها شيئًا. وعلى ذلك فإنك لن تحتاج إلا إلى نصف ساعة يوميًا فى أى وقت تشاء لكى تقوم برى المزرعة وتهويتها، ثم تقطف الثمار الناضجة من عيش الغرب الشهى.

ولا تتطلب زراعة عيش الغراب مشقة كبيرة، اللهم إلا البحث عن كمية من القش أو التبن، وتعبئتها فى جوال من القماش السميك ثم تركها تغلى فى الماء لمدة حوالى ساعتين. وبعد ذلك تترك لتبرد ثم تضاف التقاوى بمعدل كيلو جرام تقاوى إلى حوالى عشرين كيلو من القش أو التبن السابق غليانه ، ثم تحصل بعد ذلك على نحو خمسة كيلوجرامات من ثمار عيش الغراب الطازجة .

ويزرع عيش الغـراب فـى أكيـاس أو أوعيـة مـن البلاسـتيك المثقبـة، وتضـاف التقاوى فى طبقات متبادلة مع القش أو التبن، وتترك لفترة حوالى أسبوعين حتى ينمو الفطر بلونه الأبيض مغطيًا المادة المزروعة. وبعد ذلك تفتح الأكيـاس وتراعـى التهوية والترطيب حتى تتكون الثمار.

وإذا رغبت فى التدرب على زراعة عيش الغراب كمشـروع اسـتثمارى صغـير، فإن وحدة عيش الغراب بكلية الزراعة جامعة عين شمس بشبرا الخيمة تساعدك، وتوفر لك التقاوى وكذلك تسوق لك الثمار.

وكثيرًا ما يشار إلى الدور الحيوى الذى تلعبه فطريات عيش الغراب فى البيئـة من حولها، حيث توصف عادة بأنها مكانس حيوية، نظرًا لنموها على المخلفـات النباتية مثل أوراق الأشجار وفروعها الميتة، والتى تتراكم فى الغابات خاصة فـى فصل الخريف.

ولولا فطريات عيش الغراب ونموها على هذه المخلفات النباتية لتراكمت ملوثـة للبيئة، حيث أن هذه الفطريات تقوم بتحليل المركبـات الصعبـة إلى مـواد بسـيطة ذائبة فى الماء، فتمتصها الأشجار مرة أخرى وتكون منها أوراقًا وفروعًـا جديـدة، كما تستفيد باقى أحياء التربة بهذه المواد المتحللة، فـأى فـائدة تقدمـها فطريـات عيش الغراب للإنسان والبيئة من حوله!.



٥ – طعوم ومنكهات .. من الفطريات

كان الإنسان البدائى يحصل على غذائه مما يلتقطه من ثمار متساقطة على الأرض، ومما تنبته الأرض من نباتات، وما يصطاده هو من حيوانات، وهكذا استمر حال الإنسان البدائى فى أوائل عهده على الأرض، متنقلاً من مكان لآخر، سواء فى مجموعات صغيرة أم كبيرة.

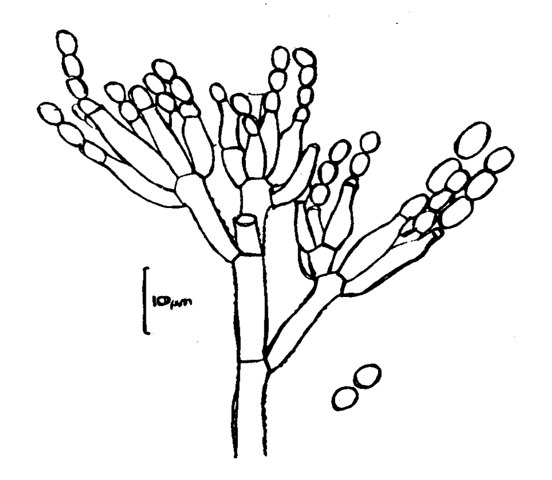
فلما هداه اللّه إلى استيطان بعض المناطق ذات الخير الوفير، لجأ إلى الزراعة واستأنس بعض الحيوانات والطيور ليوفر لنفسه وعشيرته مصدرًا دائمًا للطعام، وفى ذلك الوقت عرف اللبن المتجبن المأخوذ من معدات الحيوانات الثديية الصغيرة.

وهكذا نشأت صناعة الجبن فى الشرق الأوسط – مهد الحضارات القديمة – ثم انتشرت بعد ذلك إلى دول حوض البحر المتوسط، ثم إلى باقى أنحاء العالم عبر العصور المختلفة.

إلا أن الإنسان لم يعرف الجبن المسواة بالفطريات إلا فى بداية القرن العاشر الميلادى، حيث كانت تنتج فى منطقة أفيرون Aveyron بفرنسا نوعًا من الجبن، يتم حفظها فى بعض المغارات لتكتسب طعمًا مميزًا ونكهة فريدة، وذلك نتيجة نمو أحد الفطريات ذات اللون الأخضر عليها بطريقة طبيعية.

وعرف هذا الجبن بالجبن الروكفور Roquefort cheese ، ولم يعرف هذا النوع من الجبن – حينذاك – إلا فى هذه المنطقة فى فرنسا.

وبعد ذلك بسنوات طويلة، انتقلت صناعة هذا الجبن إلى المناطق المجاورة فى فرنسا، وإلى الدول الأخرى فى أوربا. وساعد على ذلك التعرف على نوع الفطر المسئول عن إنضاج هذا النوع من الجبن، وهو الفطر *Penicillium roqueforti* .



شكل (٢١) : الفطر
Penicillium roqueforti .
حامل كونيدى متفرع إلى فريعات متباعدة ، بينما الحامل الكونيدى الرئيسى ذو جدار خشن.

ويصنع الجبن الروكفور من لبن الأغنام، الذى يحتوى على نحو ٦,٥٪ دهن ، وقد يصنع من اللبن البقرى. وتبدأ مراحل صناعته ببسترة اللبن، وبعد أن يبرد يضاف له بادئ من بكتريا حمض اللاكتيك، وبعد ساعة تضاف المنفحة ويترك اللبن ليتجبن.

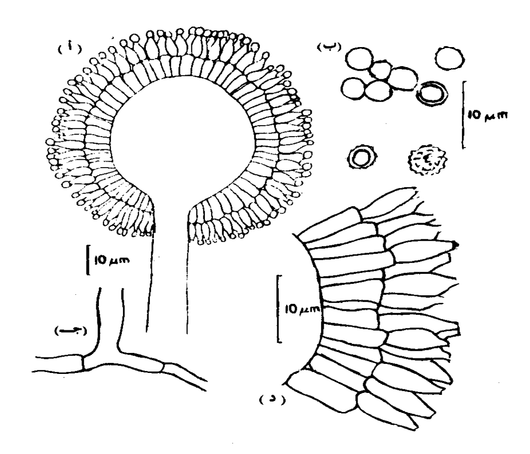
وبعد ذلك يعبأ اللبن المتجبن فى قوالب ويخلط بالملح ونموات الفطر *P.roquefortii*. وتحفظ أقراص الجبن على رفوف خشبية، وتحضن على درجة حرارة ١٥° م تحت ظروف رطوبة عالية لمدة أربعة أيام. وبعد انتهاء فترة التحضين تثقب أقراص الجبن وتنقل إلى حجرة التسوية.

وعندما يكتمل نمو الفطر داخل أقراص الجبن، يتم تغليفها فى رقائق الألومنيوم، وتحضن فى حجرات مبردة لمدة ثلاثة شهور حتى تصبح صالحة للاستهلاك. ويعمل الفطر – خلال هذه الفترة – على تحليل البروتين والدهون

الموجود فى الجبن، منتجا مركبات النكهة المميزة، كما يكون الفطر جراثيمة ذات اللون الأخضر المزرق التى تعطى للجبن مظهره المعروف.

وهناك العديد من الفطريات الأخرى التى تعطى للأطعمة طعما مقبولا ورائحة مميزة، كما يستعمل بعضها لتحسين صفات بعض المأكولات والعصائر الطبيعية، والتى يعتمد عليها فى الصناعات الغذائية.

فعلى سبيل المثال، تحتوى بعض ثمار الموالح - مثل البرتقال والجريب فروت - على بعض المركبات ذات الطعم المر، التى تتكون فور استخلاص العصير، وتسبب خسائر فادحة لمصانع إنتاج العصائر.



شكل (٢٢) : الفطر *Aspergillus niger* .
(أ) الرأس الكونيدى **conidial head** .
(ب) كونيديات **conidia** .
(جـ) خلية القدم **foot cell** .
(د) الفريعات القاعدية **metulae** والقارورات **phialides** .

ولقد وجد أن بعض سلالات الفطر *Aspergillus niger* تفرز أنزيما يحلل تلك المركبات ذات الطعم المر، ويحولها إلى مركبات عديمة المرارة، وهكذا يمكن إنتاج عصير حلو المذاق.

وبالإضافة إلى ما سبق، تتميز بعض الفطريات بإنتاجها لروائح عطرية عند نموها على البيئات الغذائية فى المعمل، وأمكن إنتاج مثل هذه الروائح والمركبات ذات النكهة بطريقة تجارية، حيث تستخدم فى التصنيع الغذائى نظرًا لسهولة إنتاجها وارتفاع جودتها وانخفاض تكاليفها.

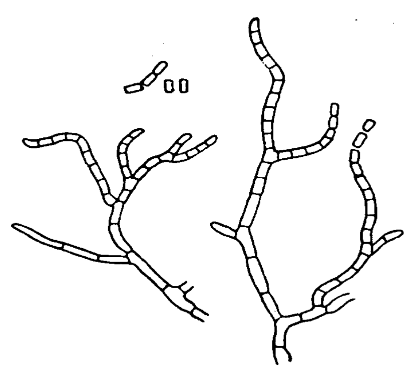
ومن الفطريات المنتجة للروائح العطرية بعض الأنواع التابعة للجنس *Trichoderma* التى تعطى رائحة تشبه جوز الهند، وثمار فطر عيش الغراب من النوع *Lepista irina* ذات رائحة أزهار السوسن.

وهناك العديد من الفطريات التى تنتج رائحة تشبه رائحة الفاكهة، مثل الفطر *Trametes odorata* والفطر *Ascoidea hylecocti*، بينما ينتج الفطر *Ceratocystis variospora* رائحة تشبه رائحة الموز، والفطر *Penicillium decumbens* رائحة تشبه رائحة الصابون.

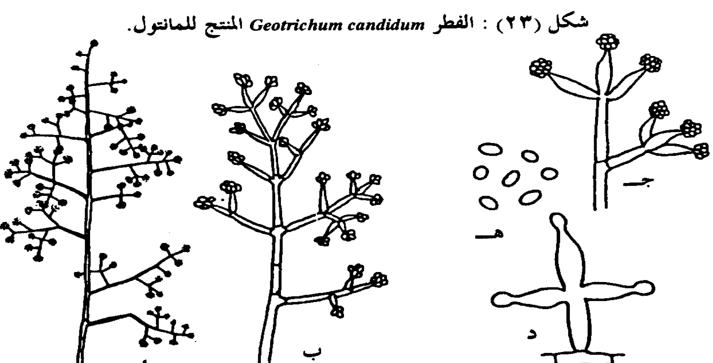
كما تتميز بعض الفطريات بإنتاجها للمنتول - الذى يتم إنتاجه من نبات النعناع - مثال ذلك الفطر *Geotrichum candidum* ، بالإضافة إلى بعض الأنواع التابعة للجنس *Trichoderma* ولفطر عيش الغراب المروحى *Schizophyllum* .

وعلاوة على ذلك، استخدمت بعض الفطريات فى إنتاج صبغات طبيعية، استخدمت فى عمليات تصنيع الأغذية مما يضمن سلامتها صحيًا للاستهلاك الآدمى. ومن أهم الأمثلة إنتاج الصبغة الحمراء من الفطر *Monoascus purpureus*.

ولقد استخدمت هذه الصبغة فى إنتاج نوعًا من الأرز المتخمر ذو اللون الأحمر، الذى يستخدم فى تصنيع بعض منتجات اللحوم مثل اللانشون والهمبورجر، مما يخفض تكاليف إنتاجها ويزود من قيمتها الغذائية.



شكل (٢٣) : الفطر *Geotrichum candidum* المنتج للمانتول.



شكل (٢٤) : الفطر *Trichoderma sp.* المنتج لمواد ذات رائحة عطرية تشبه جوز الهند.
أ و ب : حامل كونيدى كبير غزير التفرع . جـ و د : قارورات تنتج كونيديات . هـ : كونيديات .

٦ - أول الغيث.. بنسلين

في عام ١٩٤٥، وبعد أن وضعت الحرب العالمية أوزارها، وقف عالم إنجليزي يعمل في مجال دراسة البكتريا المرضة للإنسان لتسلم جائزة نوبل للسلام في الطب تقديرًا له على اكتشافه مضادًا حيويًا يفتك بأحد أنواع البكتريا العنقودية التي تسبب تقيحًا للجروح وعدم شفائها.

وكان هذا العالم الإنجليزي هو «سير الكسندر فلمنج» (١٨٨١ - ١٩٥٥)، الذي غير مجرى التاريخ، وفتح الباب على مصراعيه للاستفادة مما تفرزه بعض الفطريات من مواد ناتجة عن تمثيلها الغذائي في النواحي الطبية والعلاجية وتخفيف آلام البشر وأوجاعهم.

ففي أحد معامل البكتيريا بإنجلترا، وقف هذا العالم الجليل يدرس نمو أنواع من البكتريا العنقودية النامية على بيئات غذائية في الأطباق الزجاجية، ولكنه لاحظ وجود تلوث في بعض هذه الأطباق، حيث تبعثرت على سطح البيئة نموات فطرية ذات حواف بيضاء، بينما تلون مركزها باللون الأخضر.

وربما انزعج فلمنج من هذا الفطر الدخيل، وفكر لبرهة في التخلص من الأطباق الزجاجية التي لوثها هذا الميكروب فأفسد التجربة التي كان يجريها، ولكنها كانت لحظة مباركة، منحة الله فيها قوة الملاحظة، فقوى بصره وأنار بصيرته. وعندما دقق فلمنج النظر في هذه النموات المتداخلة للبكتيريا والفطر الملوث، شاهد عجبًا.

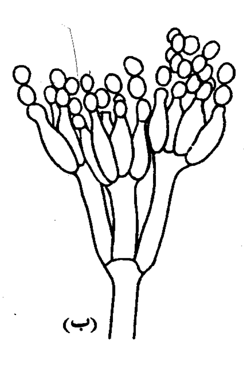
فلقد نمت مستعمرة الفطر في شكل قرص، يحيط بها منطقة خالية من أية نموات بكتيرية، وكانت هذه الهالة الشفافة التي تحيط بالفطر واضحة أشد الوضوح، ومتكررة في جميع الأطباق الزجاجية التي وجد الفطر الملوث إليها سبيلاً.

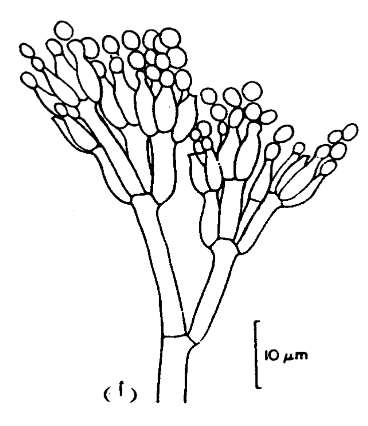
وهنا اكتشف فلمنج أن هذا الفطر ينمو مؤثرًا على نمو الخلايا البكتيرية العنقودية المرضة للإنسان، والتي تفسد جروحه وتقيحها، فقام بعزل الفطر

الملوث، وأعاد التجربة مرة أخرى، ثم مرات عديدة حتـى تيقـن بـأن هـذا الفطـر يفرز موادا فى البيئة التى ينمو فيها تعمل على قتل خلايا البكتريا.

وعندما فحص هذا الفطر، وجده يتبع الجنس بنسـليوم *Penicillium* ، وهـو من الفطريات الشائع وجودها فى التربة والهواء، لذا أطلق على هذه المادة الفعالـة قاتلة البكتريا اسم بنسلين، نسبة إلى الفطر الذى يفرزها. ثم أعلن نتائجه هذه عام ١٩٢٩ ونشرها فى مجلة «الجريدة الإنجليزية للأمراض التطبيقية» والتـى كـانت تصدر فى لندن حينذاك.

واستكمل فلمنج وزملاؤه دراساتهم على هذه المادة الساحرة البنسلين ، وعلـى الفطر الذى يفرزها، والذى عرف بأنه أحد أنواع الفطر السابق وهو *P.notatum* ، ثم اكتشف بعد ذلك نوعا آخر يتميز بإفرازه الغزير لهذا المضاد الحيوى وهو الفطر *P.chrysogenum* .





شكل (٢٥) : *Penicillium chrysogenum* .
(أ) رأس نموذجية ذات تفرع واحد .
(ب) رأس بسيطة غير متفرعة .

ولقد تميز المضاد الحيوى المكتشف بأنه مجموعة من المركبات الفعالة المؤثرة على جميع البكتريا الموجبة لصبغة جرام، وهى تضم جميع البكتريا الكروية بمختلف أشكالها مثل السبحية والعنقودية، والتى تسبب مشاكل لا حصر لها للإنسان. وأيضًا أظهرت الأبحاث الأولية على هذا المضاد الحيوى بأنه قليل السمية على الإنسان.

ولقد استكمل الباحثان الأمريكيان «سير هوارد فلورى» و «إرنست شاين» الأبحاث الخاصة بالبنسلين فى جامعة أكسفورد عام ١٩٤٠، حيث تمكنا من تنقية المادة الفعالة، ثم إنتاجها بعد ذلك بصورة تجارية فى الولايات المتحدة.

وفى عام ١٩٤٤، نشر فلمنج بحثًا رائعًا عن إنجازاته العلمية فى مجال تطوير إنتاج واستخلاص ذلك المضاد الحيوى وذلك بعنوان (البنسلين: ١٩٢٩ - ١٩٤٣) بالمجلة الطبية الإنجليزية، ثم تبعه كتاب بعنوان (البنسلين وتطبيقاته) عام ١٩٤٦، فى أعقاب حصوله على جائزة نوبل للسلام فى مجال البحوث الطبية.

وشارك عديد من الباحثين الأمريكيين هذا العالم العظيم أبحاثه، وعملوا على تطوير إنتاج هذا العقار العجيب مع بداية أربعينيات هذا القرن، خاصة فى قسم الزراعة بالولايات المتحدة، وكان على رأسهم عالم البكتريا المعروف «سلمان واكسمان» الذى نشر بحثًا بعنوان (التضادات الميكروبية والمواد المضادة للبكتريا) وذلك عام ١٩٤٧. ومن الجدير بالذكر أن هذا العالم الفذ قد استمر فى أبحاثه، واكتشف مضادًا حيويًا جديدًا هو ستربتومايسين، وحصل هو الآخر على جائزة نوبل عام ١٩٥٢.

ولقد استمرت الأبحاث فى مجال تطوير إنتاج المضاد الحيوى بنسلين فى كل من الولايات المتحدة والمملكة المتحدة، حيث قام بعض العلماء بفصل هذا المضاد الحيوى بصورة نقية على صورة بلورات ثابتة قابلة للذوبان فى الماء، ثم تم بعد ذلك تحديد تركيبه الكيميائى بدقة.

كما أمكن الوصول إلى عزلات جديدة من الفطر المنتج لهذا العقار العجيب، تتميز بغزارة إنتاجها منه، مما كان له أثره الكبير فى علاج جرحى القوات المحاربة خلال الحرب العالمية الثانية (١٩٣٩ – ١٩٤٥)، وأنقذت أرواح كثيرين منهم، أو على الأقل أنقذت أطرافهم من البتر.

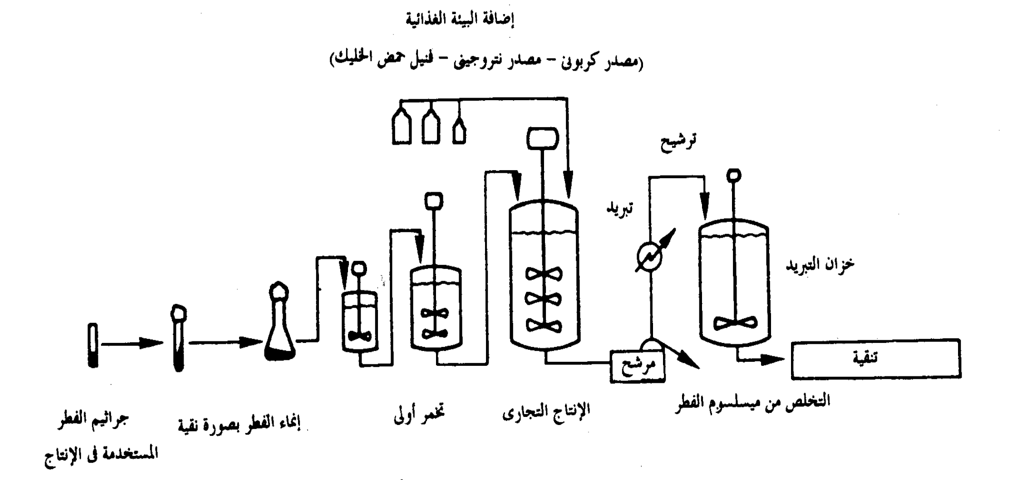
ليس هذا فقط، بل كان البنسلين علاجًا شافيًا لعديد من الأمراض الأخرى التى تسببها البكتريا، والتى عانت منها الإنسانية ردحًا طويلاً من الزمن، مثال ذلك مرض السل الرئوى والزهرى والسيلان والدفتريا والحمى المتقطعة.

وفى هذه الفترة، تبارى علماء العالم فى اختيار أفضل سلالات الفطر بنسيليوم وأحسن البيئات الغذائية وظروف التنمية لإنتاج أقصى كمية ممكنة من المضاد الحيوى بنسلين لتلبية الطلبات الملحة عليه، والتى كانت تتزايد يومًا بعد يوم.

وكان معدل الإنتاج فى بداية الخمسينيات من هذا القرن لا تتعدى ١,٢ ميكروجرام بنسلين صاف لكل ملليلتر بيئة، وكانت هذه كمية ضئيلة للغاية، فاجتهد العلماء الأمريكيون واستعملوا مخلفات الذرة كبيئة غذائية لإنماء الفطر، فزاد الإنتاج إلى ٢٤ ميكروجرام، أى عشرين ضعفًا.

تم قفز الإنتاج التجارى للبنسلين قفزة رائعة، عندما عرضت سلالة من فطر *Penicillium chrysogenum* تم عزلها من ثمرة كنتالوب مصابة بالعفن، إلى الأشعة فوق البنفسجية، فإذا بالجراثيم التى بقيت محتفظة بحيويتها تكوّن نموات من الفطر تنتج ٥٤٠ ميكروجرام لكل ملليلتر من البيئة الغذائية التى تنمو عليها.

وما زالت وسائل تحسين إنتاج البنسلين فى تقدم مستمر، وذلك لمضاعفة إنتاجه التجارى لتلبية الاحتياجات التى لا تنتهى منه، ومن المنتظر أن يزيد الإنتاج من البنسلين إلى أكثر من ٧٠٠ ميكروجرام لكل ملليلتر من البيئة قبل نهاية هذا القرن الذى أوشك على الانتهاء.



شكل (٢٦) : مراحل صناعة المضاد الحيوى بنسلين Penicillin .

ويعاب على البنسلين المنتج طبيعيًا عن طريق الفطر أنه يهدم فـي المعـدة، لـذا فهو غير فعال عندما يتم تناوله عن طريـق الفـم، كمـا أنـه حسـاس لبعـض أنـواع البكتريا المقاومة له، والتى تفرز إنزيمًا تحلله به، بالإضافة إلى فاعليتـه المحـدودة على البكتريا السالبة لصبغة جرام.

وعنـد إضافـة حمـض فينوكسـى الخـلات إلى البيئـة التـى ينمـو عليـها فطــر البنسليوم، فإن ذلك أدى إلى تكوين نوع جديد من البنسلين، وهو (بنســلين V)، والذى يتميز بثباته فى الوسط الحامضى، لذلك فـهو أول مضـاد حيـوى بنسـلينى يستخدم عن طريق الفم.

ولا يقتصر إنتاج المضادات الحيوية من الفطريات على البنسـلين، ولكـن هنـاك العديد من المضادات الحيوية الأخرى التى تفرزها أنواع مختلفــة مـن الفطريـات، مثـال ذلـك المركـب الحيـوى سيفالوسـبورين C ، والـذى يشـتق منـه أنـواع مــن المضادات الحيوية مثل سيفالوسبورين V (والذى يعرف تجاريًا باسم أديســيلين)، والمضاد الحيوى سيفالوسبورين P .

وهناك مضادات حيوية أخرى تنتجها أنواع من الفطريات وتؤثر على فطريـات أخرى، مثال ذلك المضاد الحيوى جريسوفولفين الذى ينتجه نوع مـن أنـواع فطـر بنسـيليوم، بينمـا يثبـط نمـو الفطريـات المرضـة للإنسـان والتـى تصيـب الجلــد السطحى مسببة بعض الأمراض الجلدية مثل مرضى القوباء الحلقية والقراع، وهى من الأمراض الجلدية المعدية.

وبالإضافة إلى ما سبق، تنتج الفطريات موادًا أخرى مضــادة للحيويـة تسـتعمل فى عديد من النواحى الطبية كمواد قاتلة للبروتوزوا المتطفلة والتى تسبب مشــاكل صحية للإنسان، بينما يستخدم البعض الآخر كمبيدات للتخلـص مـن الحشـائش الضارة.

وفى عام ١٩٩٢ استطاعت مجموعة من الباحثين فى مجـال الكيميـاء الحيويـة بمعهد العلوم الحيوية بجامعة سوان سى بالملكة المتحدة من تنقية أحد المضادات

الحيوية من أحد فطريات عيش الغراب هو *Lepista nabularis* أطلقوا عليه اسم نيبيولارين نسبة إلى اسم الفطر.

ولقد أثبتت التجارب التى أجراها هؤلاء الباحثون قدرة المضاد الحيوى السابق على تضاد الميكوباكتريا، بينما لاحظ باحثون آخرون أن لهذا المضاد الحيوى فاعلية ضد بعض الفيروسات الممرضة للإنسان.

ولم يكن هذا المضاد الحيوى هو الوحيد الذى تم عزله من الأجسام الثمرية لفطريات عيش الغراب، بل أن هناك أنواعًا أخرى من هذه الفطريات – مثل فطر عيش غراب الشيتاكى – ذات تأثير مضاد لفيروس الأنفلونزا A/SW 15 ، حيث يبدو أن ذلك يتم عن طريق حث الجسم على تكوين مواد مضادة للفيروس.

وهكذا فإن هذه الفطريات المنتجة للمضادات الحيوية قد لعبت دورًا هامًا فى تحسين صحة الإنسان وإطالة عمره، وجنبته كثيرًا من الآلام والأوجاع الناتجة عن فعل الميكروبات الأخرى الضارة.

وقد يبدو للقارئ أن استخدام الفطريات فى علاج الجروح قد بدأ مع أبحاث العالم الإنجليزى «الكسندر فلمنج»، والتى نال عنها جائزة نوبل للسلام فى مجال البحوث الطبية عام ١٩٤٥، ولكن هذا غير صحيح، لأن استخدام الإنسان للفطريات فى علاج الجروح كان قبل ذلك التاريخ بزمن بعيد.

فعلى سبيل المثال استخدمت بعض ثمار عيش الغراب فى علاج الجروح، مثل فطر عيش غراب الحقل الذى كان يستعمل فى علاج الالتهابات الجلدية، وكذلك استخدمت فطريات الكرات النافخة العملاقة كعلاج شعبى ناجح لوقف النزيف، حيث كانت تخلط هذه الثمار بعد هرسها بالثوم.

وكذلك وصفت بعض الفطريات الممرضة للنبات فى مثل هذه الحالات كنوع من الطب الشعبى فى القرون الوسطى، مثل فطر تفحم حبوب الذرة الرفيعة والتفحم السائب فى القمح والتفحم الكاذب فى الأرز والتفحم العادى فى الذرة الشامية.

كما استخدمت جراثيم فطر عيش غراب الكرات النافخة (Puff balls) كمادة موقفة للنزيف الدموى فى أوربا، وربما كان ذلك هو سبب احتفاظ قدماء الرومان بكميات منها، حيث وجدت هذه الجراثيم داخل قوارير صغيرة محفوظة فى فجوات على طول السور الذى بناه القيصر الرومانى «هارديان» (١١٧ - ١٣٨ ميلادية) لتأمين حدود مملكته، ولقد سمى هذا السور باسم القيصر الرومانى (سور هارديان).

وفى أمريكا الشمالية، استخدمت الكتل الميسليومية لفطر عيش الغراب الرفى التى تنتشر على الخشب المتعفن بواسطة الحطابين لوقف النزيف الناتج عن جروح بلط تقطيع الكتل الخشبية.

ومن الوصفات الشعبية الهندية لعلاج الجروح، إضافة مسحوق خميرة الخباز إلى دقيق القمح، وتعجن بقليل من الماء حتى تصبح عجينة سميكة تقلب قليلاً على النار، وتوضع على الجروح لمدة ليلة. وهناك وصفات شعبية أخرى يستعمل فيها الخبز المتعفن، وقش القمح المتعفن، كان يستعملها الغجر الأوربيون لعلاج الجروح المتقيحة.

وتمثل الفطريات أهمية بالغة فى حياة شعب اليوروبا Yoruba، وهو شعب زنجى يقيم على ساحل أفريقيا الغربى بين داهومى والنيجر، والذى يتميز تراثهم الوطنى بثروة من الفطريات، حيث يستعملونها كطعام شهى، وكعلاج ناجع لكثير من الأمراض، وتستعمل ثمار بعض أنواع عيش الغراب الصلبة كفرشاة للأسنان، وبعضها يستخدم فى أغراض التكهن والاختفاء عن نظر الأعداء، بينما تستعمل الأصناف السامة مع الصمغ لعمل عجينة تدهن بها سهامهم المسمومة التى يوجهونها لأعدائهم.

وأيضًا استخدمت فطريات الأعفان فى علاج الجروح المتقيحة التى لوثتها البكتريا فى كثير من الحضارات القديمة، وكان العلاج بفطريات العفن نوعًا من

العلاج الشعبى، دون أن يفقــه الطبيــب القديـم (وربمـا كـان السـاحر أو الكـاهن) الأساس العلمى لذلك.

وكان هذا الطبيب القديم يختار بعناية نوع الفطر الواجب اسـتخدامه فـى كـل حالة. ومع بداية القرن الثامن عشـر اسـتخدم اللـورد الإنجلـيزى جوزيـف ليسـتر (١٨٢٧ – ١٩١٢) عزلات من الجنس بنيسليوم لمعالجة القروح الملوثة.

ومنذ ذلك الحين شاع استخدام الفطريــات فـى عـلاج الجـروح فيمـا يمكـن أن يطلق عليه اسم (الطب الشعبى). ولكن لا يمكـن الآن التـأكد ممـا كـانت تحتويـه هذه المواد التى كانت تستخدم فى العلاج، وهل كانت تحتوى على مضاد حيـوى ما أم لا.

ويعتقد أن فاعلية المستحضرات السابقة الناتجة عن نمو بعض الفطريات عليها كانت ترجع إلى وجود بعض نواتج التمثيل الغذائى لهذه الفطريات، والتى كانت تتميز بقدرتها على تثبيط البكتريا وربما قتلها. كما استخدمت نمـوات لفطريـات تابعة للجنس بنيسليوم – قد يكون بينها الفطـر *Penicillium notatum* – وذلـك على نطاق واسع فى مستهل القرن التاسع عشر.

والآن إذا ذهبت إلى الصيدلية لتسأل عن مضاد حيوى، وجب عليك أن تعـرف إن كان مصدره فطرى أم لا، فإذا كان كذلك فأدعو للفطر بـالخلود فـهو يسـاعدك الآن على الشفاء – بإذن الله – كما ساعد الكثيرين من قبلك وأنقذ حياتهم.



٧ – شاى الكامبوتشا..

إذا ذهبت يومًا إلى اليابان، فإنهم سوف ينحنون أمامك بأدب جم، ثم يقدمون لك شايًا باردًا يطلقون عليه اسم (هونجوا) Hongo أو (كامبوتشـا) Kàmbucha بينما يعرف خارج اليابـان باسم عيش الغراب اليابانى أو عيـش غـراب الشـاى، ولا أعلم لماذا يطلقون عليه هذا الاسم رغمًا عن خلوه تمامًا من ثمار عيـش الغـراب المعروفة.

وربما يرجع هذا الاسم إلى طريقـة تحضـير هـذا الشـاى اليابـانى، حيـث يتـم تحضير الشاى كما هو معتاد ولكن فى وعـاء كبـير عميـق ويتـم تحليتـه بالسـكر، وبعد أن يبرد يضاف إليه عدة ملاعق من شاى قديم مستعمل كبادئ للتخمر، كما نفعل نحن عند صناعة الزبادى فى المنزل.

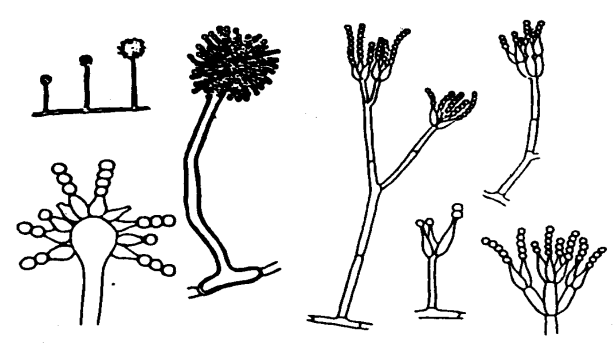
ولقد اكتشف العلماء وجود نموات بكتيرية وخمائر تتبع الأجناس *Bacterium* و *Saccharomyces* تنمو فى هذا الشاى، وتعمل على تغير لونه ورائحته ونكهته، حيث يميل طعمه إلى الحموضة. وأوضحت نتائج دراسات عديدة أن هذا المشروب اليابانى الشعبى مجدد للحيوية والنشاط، نظرًا لوجود عديـد مـن المـواد العضويـة الناتجـة عـن نمـو هـذه الكائنـات الدقيقـة مثـال ذلـك خـلات كحـول الإيثـايل، وأحماض الخليك واللاكيتك والطرطريك وغيرها من الأحماض العضوية.

ويعتبر إنتاج الفطريات لمثل هذه الأحماض العضوية والكحـولات مـن المـيزات الهامة التى استغلها الإنسان فى كثير من الصناعات الغذائية وغيرها، حيث يتـم التحكم فى نوع المنتج المرغوب باستعمال سلالة من فطر محدد وإنمائها على بيئـة معينة يتم تخميرها تحت ظروف يمكن التحكم فيها بدقة.

فعلى سبيل المثال اعتمد الإنسان على ثمار الموالح فى الحصول على احتياجاته من حمض الستريك حتـى نهايـة القـرن التاسـع عشـر، ولكـن مـع مطلـع القـرن العشرين أمكن الاعتماد على الفطريات فى إنتـاج كميـات لا حصـر لهـا مـن هـذا

الحمض الذى يستخدم فى إنتاج المشروبات غير الكحولية والأملاح الفوارة، وأيضا كثير من العقاقير الطبية. وهناك استخدامات صناعية أخرى يستخدم فيها حمض الستريك مثل صناعة المرايا الفضية وإنتاج حبر الطباعة.

وتستخدم بعض أنواع الفطريات التابعة للجنس *Aspergillus* فى إنتاج حمض الستريك ، حيث يتم إنماؤها على بيئة سائلة تحتوى على سكر البنجر أو مولاس القصب، ويتم الحصول على الحمض بعد حوالى ٨ – ١٤ يوما من نمو الفطر.



(شكل ٢٧): الحوامل الجرثومية للفطر *Penicillium* والفطر *Aspergillus* ، المستخدمان فى الصناعة.

وتنتج الفطريات أحماضًا عضوية أخرى ذات أهمية صناعية عظيمة الأهمية، مثال ذلك حمض الجاليك الذى يستخدم فى صناعة أحبار الطباعة ودباغة الجلود، وحمض الجلوكونيك الشائع استخدامه طبيًا كمادة منخفضة الطاقة، وحمض الإيتاكونيك المستخدم فى صناعة الألياف الصناعية وأحبار الطباعة والمواد الغروية اللاصقة.

ومن ناحية أخرى تلعب فطريات الخمائر دورًا بارزًا فى إنتاج الكحولات المستخدمة فى النواحى الصناعية، خاصة كحول الإيثانول (الكحول الإيثيلى)،

حيث يعتبر هذا الكحول أكثر المواد العضوية المنتجة عن طريق التخمر سواء كميًا أم تجاريًا.

ولقد اعتمدت البرازيل على محصولها القومى من قصب السكر فى إنتاج نوع من كحول الإيثانول النقى يعرف باسم (جاسوهول)، وذلك بتخمير نواتج عصر قصب السكر باستعمال سلالات من فطر الخميرة، بينما يتم إنتاج هذا الكحول النقى صناعيًا فى الولايات المتحدة بإنماء فطريات الخمائر على نشا الذرة. ويستخدم هذا النوع من الكحول كوقود للسيارات على نطاق واسع فى هذه البلاد.

وكانت حرب أكتوبر المجيدة فى سبعينيات هذا القرن، والقرار العربى باستخدام البترول كسلاح اقتصادى حاسم، هو العامل المؤثر لكى تبدأ البرازيل برنامجًا طموحًا لتحويل قصب السكر إلى كحول نقى للاستخدامات الصناعية وكذلك كوقود للسيارات. وكانت بداية البرنامج البرازيلى فى إنتاج وقود بديل للبترول العربى تعتمد على التوسع الرأسى فى إنتاجية قصب السكر بزيادة إنتاجية وحدة المساحة، حيث تراوح محصول الهكتار الواحد فى نهاية الخطة إلى ٧٥ – ١٠٠ طن، وكانت هذه بداية مشجعة للمشروع الطموح.

وفى نهاية السبعينيات من هذا القرن بدأ تسيير سيارات فى شوارع البرازيل بوقود من كحولات قصب السكر، وتضاعف عدد السيارات عامًا بعد آخر. ومن العجيب أن هذا الإنتاج المتضاعف من الكحول النقى (جاسوهول) اعتمد على استعمال خميرة الخباز التجارية المعروفة، والتى تستخدم فى صناعة الخبز، وتنميتها على نواتج عصير قصب السكر.

وهناك أبحاث أخرى لاستعمال دقيق الكسافا كبديل لقصب السكر فى تنمية فطر الخميرة لإنتاج مثل هذا الكحول الصناعى المستخدم كوقود للسيارات، وبذلك يتاح لأصحاب السيارات اختيار نوع الوقود لسياراتهم، ويأمرون عامل طلمبة الوقود بملء الخزان، فيسأل العامل: قصب سكر أم دقيق كسافا؟.

ولا يقف استخدام الفطريات عند هذا الحد، بل أن هناك مشاكل فنية قابلت الفنيين فى مجال وقود الطائرات لم يتم حلها إلا عن طريق الفطريات. فمن المعروف أن الطائرات النفاثة التى تطير على ارتفاعات شاهقة تواجه درجات

حرارة بالغة الانخفاض، وهذا يتطلب استعمال نوع من الكيروسين يتميز بنقطة غليان تقل عن خمس درجات مئوية.

ولقد أمكن إنتاج مثل هذا الوقود باستعمال فطريات الخميرة، حيث أدى إنماؤها إلى إزالة المركبات البارافينية، وبذلك تم الحصول على كيروسين لابرافيني، بينما يتم ترشيح الوقود للتخلص من خلايا الخميرة.

ولا يعتبر الجاسوهول هو الوقود الوحيد الناتج عن طريق الفطريات، ولكن هناك نوعًا آخر من الوقود ناتج عن اسالة الفحم الحجرى وتحويله إلى وقود سائل أو غاز باستخدام بعض أنواع الفطريات.

وتتم هذه العملية الحيوية تحت ظروف درجات الحرارة العادية وبتكاليف محدودة، وباستخدام أنواع من الفطريات المحللة للجنين الخشب، حيث أن الفحم – خاصة الأنواع الرديئة منه – يشبه فى تركيبه اللجنين.

وتعتبر فطريات العفن الأبيض المحللة للجنين هى أكثر الفطريات استعمالاً فى تحويل الفحم إلى وقود سائل، معتمدة فى ذلك على إنزيماتها المؤكسدة. ومن هذه الفطريات فطر عيش الغراب الرفى *Polyporus versicolor* .

وعند نمو هذا الفطر على حبيبات الفحم، فإنه تظهر منها قطيرات صغيرة من سائل زيتى القوام داكن اللون. ويتم تحويل حبيبات الفحم إلى ذلك السائل الزيتى خلال أسبوع واحد من نمو الفطر، ويمكن فصل هذا السائل إلى أنواع مختلفة من السوائل، بعضها رائق عديم اللون والبعض الآخر داكن اللون.

وتستخدم هذه السوائل الناتجة عن إذابة الفحم كوقود بديل للبترول، يكون عادة رخيص السعر بالمقارنة بالأسعار العالمية الحالية للبترول الطبيعى.

ولقد استخدمت مؤخرًا أنواع أخرى من الفطريات الهيفية فى إسالة الفحم، مثل الأنواع التابعة للفطر *Penicillium* والفطر *Paecilomyces* ، التى تحول فحم اللجنيت lignite إلى وقود سائل وذلك تحت ظروف التهوية الجيدة.

كما يمكن استعمال فطريات أخرى، مثل بعض الأنواع التابعة للجنس *Curvularia* فى تحويل الفحم الحجرى إلى غاز الميثان، بالإضافة إلى بعض

المركبات الهيدروكربونية والتى يمكن استعمالها كوقود غازى سواء للاستهلاك المنزلى أو كوقود للسيارات.

وهناك استخدامات أخرى للفطريات فى مجال تنقية المعادن من الشوائب، مثال ذلك تنقية أكاسيد الحديد المائية مثل الجوثيت والليمونيت والهيماتيت بواسطة بعض الأنواع التابعة لفطريات *Penicillium* و Aspergillus ويبدو أن هذه العملية تعتمد على إنتاج الفطر لحمض الستريك.

ومن الاستخدامات التطبيقية لهذه التقنية الحديثة، التخلص من شوائب الحديد التى تلوث الرمال المستخدمة فى صناعة الزجاج، مما ينتج عن ذلك زجاج عالى الجودة، وكذلك التخلص من شوائب الحديد من صلصال الكاؤلينيت المستخدم فى صناعة الفخار والصينى، مما ينتج عنه صينى ناصع البياض، وفخار مقاوم للنار وثابت حراريًا حتى درجة حرارة ١٦٧٠ – ١٧٥٠°م وبذلك يمكن استخدامه فى صناعة المواد المقاومة للحرارة.

وفى دراسات حديثة أمكن استخدام بعض فطريات الخميرة لاستخلاص الزنك والنحاس والرصاص من غبار المرشحات التى توجد فى مداخن المسابك وبعض المصانع. فعلى سبيل المثال أمكن استخلاص بعض المعادن من الغبار الناتج عن مسابك النحاس وذلك على النحو التالى: ٥,٨٪ زنك و١١,٣٪ رصاص و٦,١٪ و٠,١٪ نحاس.

ولا يقف استخدام الفطريات فى الصناعات الحديثة عند حدود معينة، فعلى سبيل المثال تكوّن فى الآونة الأخيرة فريق بحثى يتبع المجموعة البريطانية للنسيج والتقنية فى مدينة مانشستر وذلك بغرض دراسة إمكانية استخدام النموات الهيفية الفطرية لصناعة نسيج يستخدم فى أغراض متنوعة.

ولكن كانت هناك بعض العيوب الخطيرة فى النسيج المتكون، حيث كان سهل التمزق، إلا أنه عندما خلطت هذه النموات الهيفية بألياف صناعية، تم الحصول على مادة تشبه الورق فى قوتها، كما تميزت هذه المادة بمرونة عالية، خاصة عند إضافة الجليسرول خلال التصنيع.

ومن الاستخدامات الأخرى المبتكرة للأنسجة الناتجة من الخيوط الهيفية الفطرية، إنتاج وسائد ماصة ذات استخدامات تطبيقية متنوعة، كما فى الصحة العامة الشخصية كمناشف قابلة لامتصاص السوائل، وأيضا مرشحات ممتصة للأيونات، وضمادات للجروح، وكذلك فى صناعة الجلد الصناعى.

ويتوقف إنتاج الأنسجة الفطرية السابقة على انخفاض تكاليف تصنيعها، ومنافستها للمنتجات الحالية. وإن كانت بعض الاستخدامات الحالية لهذه الأنسجة فى إزالة أيونات المعادن النفيسة – مثل الذهب والفضة – من المحاليل لإعادة استخدامها، من التقنيات الحديثة التى تستخدم فيها الأنسجة الفطرية بنجاح عظيم.

وتفرز بعض الفطريات – خاصة تلك الأنواع التابعة لفطريات عيش الغراب – صبغات ملونة كأحد النواتج الثانوية للتمثيل الغذائى. ويتم استخلاص هذه الصبغات بكميات محدودة وتستعمل فى صبغ الألياف الطبيعية – كالصوف – بألوان جميلة جذابة. وتستخدم هذه الخيوط الملونة فى صناعة بلوفرات ذات ألوان فطرية زاهية.

ولقد تمكن بعض العلماء فى المركز القومى البريطانى للتكنولوجيا الحيوية من إنتاج سلالة من فطر الخميرة معدلة وراثيًا عن طريق الهندسة الوراثية، يمكنها تخليق الهيموجلوبين البشرى – وهو بروتين حديدى مكون لكرات الدم الحمراء، ويكسبها اللون الأحمر، وله قدرة على حمل الأكسوجين. وهذا الاكتشاف العلمى العظيم يفتح المجال واسعًا لإنتاج دم حقيقى بواسطة الفطريات، وليس بلازما فقط.

وهناك سلالة أخرى من فطر الخميرة المعدلة وراثيًا، يمكن استخدامها فى توليد الكهرباء فيما يسمى ببطارية الخميرة، حيث أمكن توليد كمية من الطاقة الكهربية تكفى لتشغيل ساعة رقمية أو آلة حاسبة. ولا عجب لو شاهدت يومًا برامج التلفاز خلال أمسية كاملة مستغلاً الطاقة المتولدة من دورق صغير يحتوى على واحد من فطريات الخميرة، متناولاً طعام العشاء من خبز مصنوع من نفس نوع الخميرة.

٨ – أشباح الغابة..

تعودت قوات الحلفاء – قرب نهاية الحرب العالمية الثانية – إسقاط جنود المظلات فى الليالى غير المقمرة على أطراف الغابات الألمانية، بالقرب من المواقع العسكرية النازية لمهاجمتها، تمهيدًا للغزو البرى الوشيك.

وفى إحدى عمليات الإنزال الجوى – التى أصبحت روتينية – حلقت طائرة فوق إحدى الغابات الألمانية الشاسعة مترامية الأطراف، ودار قائد الطائرة دورة كبيرة ليطمئن إلى الموقع المحدد أمامه على الخريطة، والتى يجب إنزال هذه الدفعة من الجنود فوقه.

وبدأ الجنود يقفزون من الطائرة، ثم انفتحت مظلاتهم، وتعلقت أجسامهم فى الهواء وهى تتهاوى رويدًا رويدًا، ثم نظر أحدهم تحته وصرخ من الرعب محذرًا زملاءه.. إنهم يهبوط فى قلب الموقع العسكرى وليس على أطراف الغابة القريبة منه كما كان مخططًا.

فلقد كانت الأرض تتلألأ من تحتهم بأنوار خافتة، ذات لون أخضر مزرق، يشبه ذلك الضوء المنبعث من الأرقام الفوسفورية فى ساعات المعصم – والتى كنا نتباهى بها فى شبابنا، وانقضى عهدها الآن – وكانت لحظات قاتلة، تمنوا خلالها العودة مرة أخرى إلى الطائرة، ولكن هيهات!.

وعندما هبط هؤلاء الجنود على الأرض، لم يجدوا كرًا ولا فرًا، ولم يشاهدوا معسكرًا ولا جنودًا، ولم يلمحوا علمًا عليه ذلك الصليب المعقوف رمز النازية الهتلرية فى ذلك الوقت. لم يجدوا سوى الصمت، ولم يسمعوا سوى دبيب أقدامهم على أرض الغابة، ودقات قلوبهم من الرعب.

ونظر الجنود حولهم فلم يجدوا سوى أشجار الغابة، ولكن من بينها ينبعث ذلك الضوء المتلألئ المريب، الذى ملأهم بالرعب وهم معلقون بين السماء والأرض، وعندما اقتربوا من الأشجار شاهرين أسلحتهم، لم يجدوا سوى ثمار من فطريات عيش الغراب المضيئة، التى يتوهج ضوؤها فى ظلام الغابة الحالك.

ولقد ذكر هذه القصة أحد جنود الحلفاء، وهى واحدة من القصص التى لا حصر لها والتى تحكى علاقة فطريات عيش الغراب المضيئة بالبشرية منذ فجر التاريخ الإنسانى حتى يومنا هذا.

ويطلق على هذه الظاهرة العلمية اسم (الاستضاءة الحيوية bioluminescence)، وهى ظاهرة طبيعية تشتهر بها بعض الأحياء، فهناك أنواع مضيئة من البكتريا، إذا نميت على بيئة غذائية مناسبة شع منها ضوء ساطع يكفى للرؤية فى الظلام لمسافة حوالى ستة أقدام، لذا يطلق عليها اسم المصابيح البكتيرية.

وهناك فى عالم الحيوان نوع من الديدان المضيئة، والفراشات المضيئة. ومن منا لم يشاهد توهج أعين القطط فى الظلام؟. والتى تشبه توهج حبات المسبحة المصنوعة من الكهرمان خلال الظلام.

وعرف الإنسان البدائى – منذ فجر التاريخ – هذه الظاهرة، وأطلق عليها أسماءً دارجة مثل أشباح الغابة ونار الثعلب وغير ذلك. واعتقد أن تلك الأشجار التى ينبعث منها ذلك الضوء المتوهج – بفعل ثمار عيش الغراب المضيئة – هى أشجار مباركة، وهذا جعله يقدس تلك الشجار تقديرًا منه لهذا الضوء الربانى المنبعث منها.

ولقد أثرت هذه المعتقدات فى روحانيات ذلك الإنسان البدائى، وشاعت فى ذلك الوقت عديد من الخرافات حول التأثير السحرى لهذا الضوء الإلهى المنبعث من تلك الأشجار المباركة، وهذا ترك بصماته فى الأدب الشعبى والمعتقدات الروحانية فى مثل هذه المجتمعات البشرية القديمة.

ولم تقتصر ظاهرة الاستضاءة الحيوية على ثمار عيش الغراب المضيئة فحسب، وإنما أيضًا على خشب الأشجار الذى تنمو عليه الخيوط الهيفية للفطر، حيث كان الضوء ينبعث منه هو الآخر.

ووجد الخشب المضىء استعمالات متنوعة، فلقد صنعت منه الفتيات حلى للزينة تضىء ليلاً مثل حبات الكهرمان، بينما استعمله الجنود خلال الحرب

العالمية الأولى لتزيين خوزاتهم وحرابهم حتى يتعرفون على بعضهم البعض خلال الاشتباكات الليلية مع جنود العدو.

ومن فطريات عيش الغراب التى تشتهر بظاهرة الاستضاءة الحيوية فطر عيش غراب العسل Honey fungus (*Armillaria mellea*) ، وهو أحد الفطريات المأكولة والتى يجب سلقها قبل أكلها. وينمو هذا الفطر مهاجمًا أنواعًا عديدة من الأشجار ويتطفل عليها مسببًا تدهورها ، كما أنه يهاجم الأخشاب الميتة ويحللها.

وعندما يهاجم فطر عيش غراب العسل الأشجار، فإنه يكون خيوطًا هيفية تتحد مع بعضها مكونة أشكالاً جذرية تنمو بين قلف الأشجار وخشبها، ويؤدى ذلك إلى موت القلف وسقوطه، فيتعرى الخشب وتظهر عليه شبكة من تلك النموات الفطرية ذات اللون الداكن والتى يطلق عليها اسم الأشكال الجذرية.

وتتوهج ثمار عيش غراب العسل بالضوء، وكذلك الأشكال الجذرية وخشب الأشجار الذى تنمو عليه، ينبعث منها ضوء ذو لون أخضر مزرق يسطع بالنور فى ظلام الغابة الدامس.

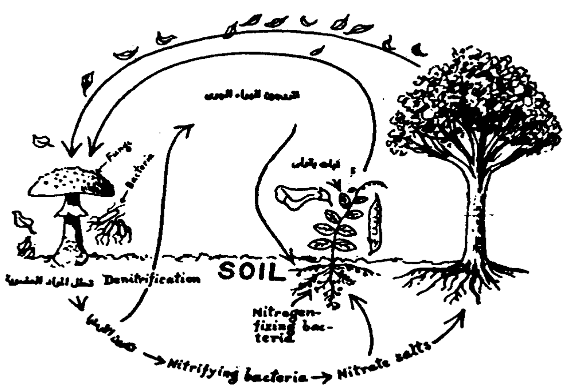
ويمكن رؤية الضوء المنبعث من ثمرة واحدة لفطر عيش غراب العسل على بعد حوالى عشرين مترًا، بينما تشاهد الأضواء المنبعثة من مجموعة من هذه الثمار المتجمعة من على بعد حوالى كيلو متر.

وهذا الضوء يكون من الوضوح بحيث يمكنك قراءة صحيفتك فى الغابة على الضوء المنبعث من مجموعة من ثمار عيش غراب العسل، فإذا ما انتهيت من القراءة، يمكنك قطف هذه الثمار، والاستعانة بضوئها حتى تصل إلى منزلك فى سلام، ثم تتناول عشاءً جيدًا أنت والأسرة من هذه الثمار الشهية دون أن تتحمل فاتورة الكهرباء أو الطعام!.

وليس فطر عيش غراب العسل هو الفطر الوحيد المضىء بين فطريات عيش الغراب، فهناك فطريات أخرى ينبعث منها ضوء يمكن رؤيته فى ظلام الغابة الحالك، مثل فطر فتيل الشمعة *Xylaria hypoxylon* ، وفطر المصباح

المضىء *Pleurotus lamps* ، وفطر عيش الغراب المشع *Pleurotus japonicus* الذى ينبعث من خياشيمه ضوء، مما يجعل الثمرة تشبه فى شكلها شكل الأباجورة.

وتلعب فطريات عيش الغراب المضيئة – وغيرها من الأنواع الأخرى – دورًا كبيرًا فى بيئة الإنسان، فهى تعمل على حفظ التوازن الطبيعى وتحليل الأشجار الميتة والفروع المكسورة والأوراق الذابلة والمتساقطة، حيث تتحول هذه المواد العضوية إلى دبال يزيد من خصوبة التربة، وينطلق خلال ذلك غاز ثانى أكسيد الكربون.



(شكل ٢٨): دورة الكربون والنتروجين فى الطبيعة ودور الفطريات فى تحليل المواد العضوية إلى مواد أولية بسيطة.

إلا أن بعض الأنواع التابعة لهذه المجموعة من فطريات عيش الغراب تهاجم الأشجار الحية وتسبب لها أمراضًا خطيرة، تسبب حوالى ٣٠٪ من إجمالى الخسائر التى تهدد أشجار الغابات ، والتى تعتبر المصدر الرئيسى للأخشاب التى يستهلكها الإنسان فى تصنيع الأثاث وأدوات البناء.

ويعتبر فطر عيش غراب العسل أشد الفطريات المرضة للأشجار تدميرًا، حيث يصيب أنواعًا مختلفة من الأشجار والشجيرات، مثل أشجار الفاكهة وأشجار الظل وأشجار الغابات المختلفة، وكذلك شجيرات العنب. وقد يهاجم نباتات البطاطس والفراولة فى المناطق الاستوائية والمعتدلة.

ويهاجم هذا الفطر تلك الأشجار بضراوة بالغة، مسببًا إبادة للأشجار الواقعة تحت تأثيرة. وهو فطر عنيد تصعب مقاومته. ولكن يمكن تقليل الخسائر عن طريق حفر خندق حول الأشجار المصابة يفصل بينها وبين الأشجار الأخرى السليمة.

وتسبب هذه الفطريات خسائر لا حصر لها للخشب الخام والمصنع، حيث تتعرض ألواح الأخشاب والمنتجات الخشبية والأخشاب المستعملة فى صناعة فلنكات السكك الحديدية وأعمدة التليفونات والمقاعد الخشبية والبيوت الخشبية وغيرها إلى التلف بفعل هذه الفطريات المحللة للسيليلوز واللجنين.

وعلى الرغم من معاملة مثل هذه المنتجات الخشبية بمواد كيميائية تحفظها من الرطوبة، أو بمواد تمنع نمو مثل هذه الفطريات عليها، إلا أن ذلك كله لم يقلل من خطورتها، حتى يمكن مقارنة الأضرار الناتجة عنها بتلك الأضرار الناتجة عن النمل الأبيض (الأرضة).

ولقد سببت مثل هذه الفطريات أضرارًا بالغة لسفن الحرب الخشبية خلال القرن الماضى، حيث كانت تسبب لها عفنًا جافًا يحلل أخشابها ويهددها بالغرق. لذلك كان واجبًا على البحارة – فى ذلك الوقت – الدفاع عن سفنهم من غزو الأعداء، ومن فطريات عيش الغراب المحللة للخشب.

٩ – الفطريات المنبعثة من الرماد

يطلق على هذه الفطريات اسم Phonicoid fungi ، وهو اسم مشتق من طائر مقدس يعود إلى العصور المصرية القديمة، عرف أيام قدماء المصريين بالعنقاء Phoenix حيث اعتبر – حينذاك – بأنه رمز للبعث والخلود.

ويرجع اهتمام فراعنة مصر القدماء بهذا الطائر إلى مشاهدتهم له بعد فيضان النيل، حيث تغمر المياه الوادى، فيظهر فى ذلك الوقت طائر جميل يخوض الماء، وهو مالك الحزين الرمادى ذو المنقار الطويل المستقيم، ورأسه الصغيرة التى تزينها ريشتان ممتدتان إلى الخلف.

ولقد عبد هذا الطائر فى هليوبوليس مع الشمس نفسها، فإذا ما حط هذا الطائر على شجرة الصفصاف المقدسة بتلك المدينة العظيمة كان ذلك باعثا للبهجة. ولقد عرف الإغريق – ايضا – هذا الطائر المقدس، ونسجوا حوله أسطورة الطائر الذى قتل نفسه وسط اللهب، ثم ولد ثانية من رماد جسمه المحترق.

ومن هذه الأسطورة الفرعونية – الإغريقية القديمة، اشتق اسم هذه الفطريات المنبعثة من الرماد Phonicoid fungi ، وهى تلك الفطريات التى تعود مرة أخرى للنمو منبعثة من الرماد المتخلف عن حرائق الغابات المدمرة، والتى تحدث بصورة طبيعية ودورية فى كثير من مناطق العالم.

وعادة ما تتعرض الغابات الكثيفة والموحشة إلى اندلاع حرائق هائلة ناتجة عن عوامل الجفاف والبرق، وتساعد الرياح على انتشارها. وعندما يندلع حريق ما فى مثل هذه الغابات، فإن ألسنة النيران تحول الغابة إلى جحيم لا يطاق، ويتخلف عن هذا الحريق هياكل فحمية سوداء من الأشجار العملاقة، بينما تتحول الشجيرات والنباتات العشبية الصغيرة إلى رماد متراكم على سطح الأرض.

وتعتبر هذه الحرائق الدورية ضرورة حيوية للأشجار فى مثل هذه الغابات الكثيفة، حيث أنها تنظف سطحها الخارجى وتجدد نشاطها وحيويتها، فتقضى على الأغصان الميتة، وأكوام الأوراق الجافة المتساقطة على سطح الأرض، وإلا تحولت هذه الغابات إلى أحراش سيئة التهوية، تتكدس على أرضها النفايات العضوية.



شكل (٢٩) : طائر العنقاء **Phoenix** رمز البعث والخلود، والذى زعم قدماء المصريين أنه يعمر نحو خمسة قرون أو ستة، وعندما يهرم فإنه يحرق نفسه، ثم ينبعث مرة أخرى من رماده وهو فى أتم ما يكون شبابًا وجمالاً. ومن هذه الأسطورة الفرعونية القديمة اشتق اسم الفطريات المنبعثة من الرماد **Phoenicoid fungi**.

ويرى علماء الغابات أن مثل هذه الحرائق لا تضر بالأشجار الكبيرة، ولكنها تقضى على البقايا الميتة وأوراق الأشجار المتراكمة وتحولها إلى رماد يذوب بعد ذلك فى مياه الأمطار ويساعد على إمداد جذور الأشجار بما تحتاجه من عناصر غذائية.

وعادة ما يطلق على مثل هذه الحرائق اسم الحرائق العلاجية للأحراش، حيث يتم التخلص من النباتات المتسلقة والأشجار الميتة، والبوص والأعشاب الضارة، مما يسمح بنفاذ أشعة الشمس، فتستعيد الغابة حيويتها ونشاطها.

وخلال حرائق الغابات، تهلك الفطريات النامية على سطوح النباتات والأشجار، وكذلك الثمار اللحمية لفطريات عيش الغراب. إلا أنه بعد انتهاء مثل هذه الحرائق المدمرة، تنمو بعض الفطريات ذات الأجسام الثمرية الكبيرة منبعثة – مرة أخرى – من رماد النباتات المحترقة.

وتنمو هذه الفطريات من هيفات فطرية نامية تحت سطح التربة المحترقة، نظرًا لعدم تعمق التأثير الحرارى إلا لمسافة محدودة تحت سطح الأرض لا يتعدى عدة سنتيمترات.

ويؤدى تراكم رماد النباتات المحترقة على سطح التربة إلى ارتفاع رقم الحموضة، نظرًا لوجود كميات كبيرة من الأملاح الناتجة عن حرق المخلفات النباتية، مما يعطى تأثيرًا قلويًا عند ذوبان هذه الأملاح فى ماء الأمطار التى تسقط بعد ذلك.

وعند سقوط الأمطار، تذوب هذه الأملاح – ومعظمها أملاح الكربونات والفوسفات – وتتخلل الطبقة السطحية من التربة، وبذلك يتناقص تركيزها على السطح تدريجيًا وبدرجات متفاوتة، حسب معدل ذوبان الأملاح المختلفة فى الماء. فالأملاح السهلة الذوبان يقل تركيزها على الطبقة السطحية أسرع من الأملاح القليلة الذوبان.



١ – غابة غير صحية، تنمو فيها النباتات المتسلقة على جذوع الأشجار، والنباتات العشبية بينها مكونة أحراشا لا تتخللها أشعة الشمس، كما تتراكم الفروع الميتة والأوراق المتساقطة على سطح الأرض.

٢ – اندلاع حرائق الغابات نتيجة الجفاف والصواعق وتساعدها الرياح.

٣ – ما يتبقى من حرائق الغابات هو جذوع الأشجار العملاقة، بينما تتراكم طبقة من رماد النباتات المحترقة على سطح التربة.

٤ – عودة الحياة مرة أخرى فى الغابة، ومنها الفطريات التى تظهر أجسامها الثمرية منبعثة من الرماد.

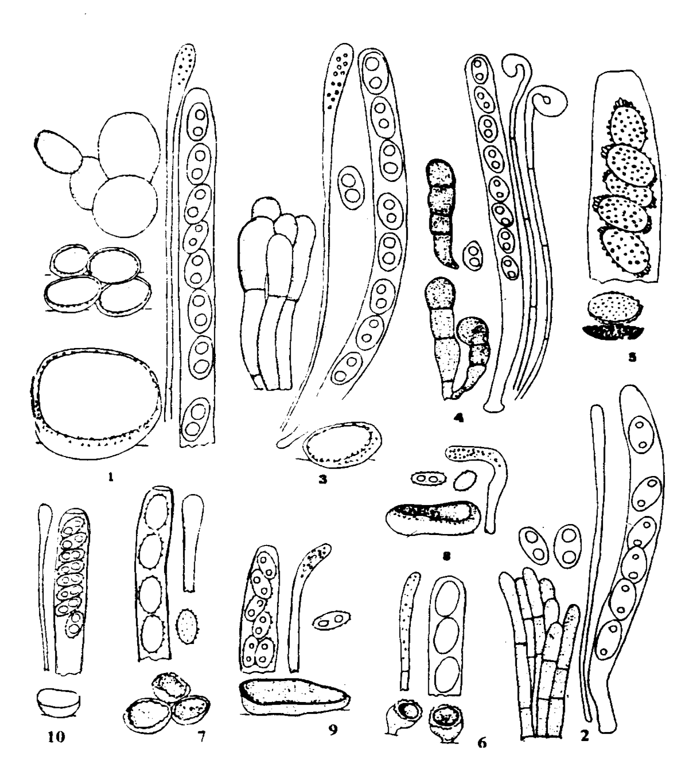
شكل (٣٠) : تأثير الحرائق الطبيعية على الغابات

ويختلف تأثير حرائق الغابات على فطريات التربة المختلفة، حيث يتحمل بعضها درجات الحرارة المرتفعة، مثال ذلك تلك الأنواع المكونة لجراثيم جنسية أسكية. ليس هذا فقط، بل أن بعض هذه الجراثيم يزداد إنباتها نتيجة تعرضها للحرارة العالية الناتجة عن الحريق، مما يشجع تكوين أجسامها الثمرية بعد انتهاء حرائق الغابات مباشرة، كما هو الحال فى الأجسام الثمرية المفتوحة التى تكونها الفطريات الأسكية التابعة لرتبة Pezizales ، وأيضًا بعض فطريات عيش الغراب.

ومن الفطريات التى تكوّن أجسامها الثمرية على الرماد المتخلف عن حرائق الغابات الفطر *Peziza anthracima* وفطر عيش غراب الفليوتا *Pholiota carbonaria* والفطر *Geopetalum carbonarum* .

ولقد درس بعض الباحثين نمو فطريات التربة فى أعقاب الثورات البركانية، حيث شوهدت أعداد كبيرة من الفطريات النامية على تربة الغابات المحترقة بفعل الحمم البركانية المدمرة.

وتلعب مثل هذه الفطريات المنبعثة من رماد النباتات المحترقة دورًا كبيرًا فى إعادة الحياة إلى الغابات بعد تدميرها بفعل هذه الحرائق، حيث تساعد على نشاط الجذور واستعادة دورها الحيوى لإمداد الأشجار بما تحتاجه من ماء وأملاح، كما تساهم هذه الفطريات فى عودة الحياة للأحياء الدقيقة الأخرى التى تؤثر على مدى خصوبة التربة وتكوين الدبال.



شكل (٣١) : نموذج لبعض الفطريات الأسكية المنبعثة من الرماد، التي تكوّن أجسام ثمرية مفتوحة.

1- *Anthracobia macrocystis*
2 - *A. maurilabra*
3 - *A. melaoma*
4 - *A. uncinata*
5 - *Ascobolus carbonarius*
6 - *Geopyxis carbonarius*
7 -*Peziza echinospora*
8 - *P. petersii*
9 - *P. praetervisa*
10 - *P. proteana*

١٠ – ومن السموم الناقعات دواء

هناك فطريات غيرت مجرى التاريخ مرتين، مرة بأضرارها على صحة الإنسان وما يملكه من زرع وضرع، ومرة أخرى حينما اكتشف بعض النواحى المفيدة لها فاستأنسها واستفاد منها، وجعبة التاريخ مملوءة بالأمثلة.

ففى عام ١٧٢٢ أرسل قيصر روسيا بطرس الأكبر (١٦٧٢ – ١٧٢٥) – والذى جعل من روسيا دولة أوربية ذات شأن – حملة عسكرية ضخمة لغزو بعض المدن الساحلية الواقعة على البحر الأسود، ولم يبخل عليها بالجنود والخيل والعتاد.

ولكن خاب أمله حينما وصلته أخبار سيئة عن هذه الحملة العسكرية، فهى لم تهزم فى المعارك، وحتى لم تصل إلى المدن الساحلية المراد غزوها، ولكن قهرها مرض مجهول، عانى فيه الجنود من حالات تشنجية واضطرابات نفسية ناتجة عن تلف الأنسجة العصبية، وأدى ذلك فى بعض الحالات إلى الشلل.

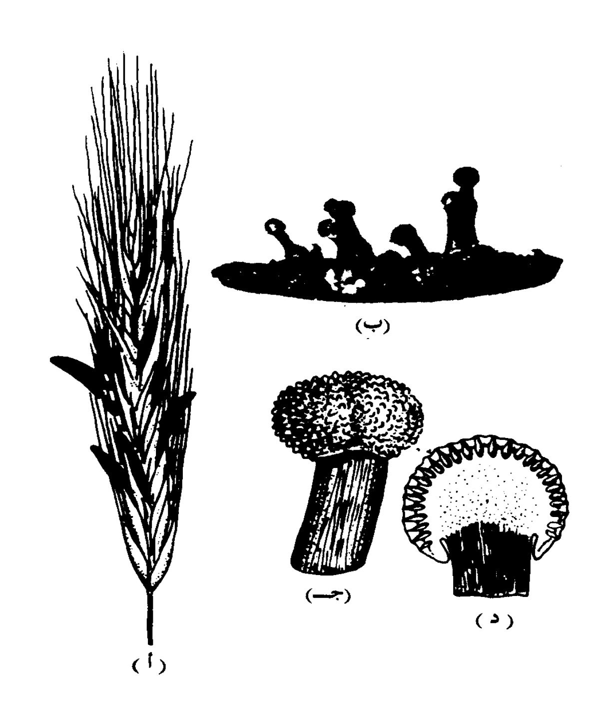
وعانى جنود آخرون من قصور الدورة الدموية فى أطرافهم، مما أدى إلى عدم وصول الدم بكميات كافية إلى أصابع اليدين والرجلين، فأصيبت بغرغرينا، وأسودت وماتت وتساقطت، حتى أطلق على هذا المرض اسم الحمى الرهيبة.

ولم تظهر أعراض هذا المرض على الجنود فقط، ولكن أيضًا على الخيول – وهى أهم أدوات الحرب فى ذلك الحين – حيث أصابها تشنجات عصبية وتقلصات عضلية وشلل، فعمت الفوضى بين صفوف الجيش، وفشلت الحملة العسكرية.

وبعد ذلك بسنوات اكتشف السبب، وهو فطر الأرجوت الذى يسبب ذلك النوع من التسمم والذى يعرف باسم التسمم الأرجوتى، بينما الاسم العلمى للفطر هو *Claviceps purpurea* . وهو أحد الفطريات المرضة للنبات حيث يصيب مبايض الأزهار فى سنبلة الشيلم – وبعض المحاصيل النجيلية الأخرى، وتظهر أعراضه على صورة ظهور أجسام طويلة سوداء اللون – تعرف بالأجسام الحجرية – يكوّنها الفطر على السنابل.



شكل (٣٢) : القديس Antonius Eremita . رسم يرجع إلى منتصف القرن الخامس عشر (١٤٤٠ - ١٤٥٠م) من مدينة Schwaben الألمانية ، يمثل تضرع المصابين بالتسمم الأرجوتي Ergotism ، سائلين القديس أن يطلب لهم الشفاء من آلامهم المبرحة وموت أطرافهم.



شكل (٣٣) : فطر الأرجوت *Claviceps purpurea* .
(أ) سنبلة شيلم تحمل أجساما حجرية سوداء .
(ب) جسم حجرى ينتج عنه حشيات ثمرية .
(جـ) حشية ثمرية . (د) قطاع فى حشية ثمرية .

وهكذا فإن الذى قهر جنود وخيــول القيصر الروسـى - حينـذاك - هـو ذلـك الفطر السام، حيث تناول الجنود خبزًا مصنوعًا من دقيــق ملـوث بـهذه الأجسـام الحجرية، بينما تغذت الخيول علـى الحبـوب الملوثـة بالأجسام الحجريـة لهـذا الفطر، دون أن يفطن أحد - فى ذلك الوقت - إلى خطورة ذلك.

وكم عانت البشرية - خـلال القـرون الوسـطى - مـن حـالات تسـمم جماعيـة نتيجة تناول خبز مصنوع من دقيق ملوث بهذا الفطر السام، عـانى فيـه المصـابون من آلام مبرحة وأعراض خطيرة، وحيث أن مسبب هـذه الأعـراض كـان مجـهولاً فى هذه الفترة، فلقد اعتبر هذا المرض غضبًا من الله سبحانه وتعـالى يعـاقب بـه عباده المخطئين، ولذلك سمى المرض بالحمى المقدسة Holy Fire.

ولقـد كـان آخـر انتشـار وبـائى للتسـمم الأرجوتـى هـو مـا ظـهر فـى الاتحـاد السوفيتى - السابق - وذلك خلال عـامى ١٩٢٦ و ١٩٢٧ ، خـلال مجاعـة أدت إلى أن يتناول الأهالى حبوب أنواع من الشيلم الـبرى، كـانت مصابـة بـهذا الفطـر الفتاك.

وظهرت حالات أخرى من التسمم الأرجوتــى فـى بعـض دول العـالم الثـالث، ولكن بدرجات محدودة. ففى أثيوبيا ظهرت بعض حـالات التسـمم الناتجـة عـن تناول بعض الأهالى هناك حبوب شـعير ملوثـة بـالفطر السـام، وأيضًـا فـى الهنـد نتيجة تناول حبوب ميليت ملوثة.

ولكن من السم يخرج الترياق، فلقد اكتشف العلماء فى هذه الأجسام الحجريـة لفطر الأرجوت موادًا مختلفة ذات فوائد طبية وعلاجية لا حصر لها. فعلى سبيل المثال استخلصت المادتين أرجومترين (ergometrine) وأرجو تـامين (ergotamine) ذا التأثير الفعال فى علاج الصداع النصفى، وأيضًـا مركـب الأرجوسـترول الـذى يتحول إلى فيتامين D عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية.

وهناك العديد من المركبات الفعالة الأخرى ذات الاستخدامات الطبية التـى تم استخراجها من الأجسام الحجرية لفطر الأرجــوت، مثـل مركبـات الألكـالويدات

التى تستخدم فى وقف النزيف الدموى أثناء عملية الولادة، وذلك بالإسراع من انقباض الرحم.

ويعتبر التأثير الرئيسى لهذه الألكالويدات هو تأثير مهدئ فى المقام الأول، وذلك نتيجة تثبيط إفراز هورمون الأدرينالين ونور أدرينالين وسكليروتين، مما يؤدى إلى تمدد الأوعية الدموية، فينخفض ضغط الدم.

وفى المقام الثانى، تشجع هذه الألكالويدات على انقباض العضلات الملساء، وتوقف عمل الجهاز العصبى السمبثاوى. ويؤدى ذلك إلى حث الرحم على الانقباض فى المراحل الأولى من عملية الولادة، كما تعمل على إسراع عودة الرحم إلى حجمه الطبيعى بعد الولادة.

ونظرًا لشدة الطلب على هذه الأجسام الحجرية ذات القيمة الطبية العالية، أصبح من المتعذر توفير الكميات المطلوبة من الفطر بالطريقة المألوفة، وهى من النباتات المصابة طبيعيًا بالفطر المرض.

ولقد لجأت شركات الأدوية إلى زراعة مساحات شاسعة من حقول الشيلم وعدواها صناعيًا بجراثيم فطر الأرجوت المرض، ولكن كان الناتج من الأجسام الحجرية محدودًا، ويتأثر بالعوامل الجوية المحيطة بالحقول. كما أن محصول هذه الأجسام الحجرية يتم الحصول عليه مرة واحدة فى السنة وقت حصاد سنابل النباتات المصابة، وكان لا يغطى الاحتياجات المتزايدة عامًا بعد عام.

واستمر حصول هذه الشركات على الكالويدات فطر الأرجوت ذات الفوائد الطبية العظيمة من المصادر الطبيعية المألوفة حتى عام ١٩٨٠، حيث بدأ إنماء الفطر فى المعمل على بيئات سائلة فى خزانات عملاقة تسع حوالى ٣٠ ألف لتر، وبذلك أمكن التوصل إلى طريقة صناعية اقتصادية ناجحة وسريعة للحصول على هذه المواد الفعالة.

وهناك أمثلة أخرى لفطريات ممرضة للنبات، تزيد من القيمة الغذائية للأجزاء النباتية التى تصيبها، ومن أهمها فطر تفحم الذرة الذى يسببه نوع من الفطريات الراقية هو *Ustilago maydis*.

ففى أمريكا الوسطى، تزرع الذرة الشامية كأحد المحاصيل التقليدية القديمة والتى نشأت هناك ثم انتشرت زراعتها فى العالم القديم بعد اكتشاف القارة الأمريكية بعد ذلك بسنوات طويلة.

وحين يقوم مزارعى المكسيك بزراعة حقولهم بالذرة الشامية، يبتهلون إلى الله – سبحانه وتعالى – لعله يرسل لهم ذلك الفطر المرض ليصيب كيزان الذرة منذ بداية تكوينها. فإذا ما استجاب الله لدعائهم، تفحمت الكيزان وظهرت عليها تآليل منتفخة تحتوى على جراثيم الفطر.

ويقبل أهالى المكسيك على تناول كيزان الذرة المتفحمة، ويعتبرونها غذاءً شعبيًا محببًا لهم، حيث اعتاد أجدادهم القدماء – هنود الأزتيكس – التغذية على هذه الكيزان المصابة بالتفحم وكانوا يطلقون عليها (كويتلاكوش) بمعنى عيش غراب الذرة الشامية.

ولقد لفتت هذه الكيزان المتفحمة للذرة الشامية أنظار الدول المجاورة للمكسيك، خاصة فى الولايات المتحدة، حيث أقبل عليها المستهلكون سواء طازجة أم معلبة، وتباع هناك تحت نفس الاسم السابق (عيش غراب الذرة الشامية) وأيضا تعرف باسم الكمأة المكسيكية، على الرغم من أن هذا الفطر المرض لا يتبع فطريات عيش الغراب.

ومن العجيب أن سعر الكيلوجرام من هذه الكيزان المتفحمة لا يقل عن عشرين دولارًا، فى الوقت الذى لا يزيد فيه سعر كيلو الكيزان من الذرة الشامية السليمة عن دولار واحد. ويرجع السبب فى ذلك إلى الطعم الممتاز والقيمة الغذائية العالية للكيزان المتفحمة.

ولقد درس كثير من الباحثين القيمة الغذائية لكيزان الذرة الشامية المصابة بمرض التفحم العادى، فوجد أنها تحتوى على ستة عشر نوعًا من الأحماض الأمينية الحرة، مثل حمض الجلوتاميك والليسين والألانين والأرجنين والميثيونين والثريونين والهستيدين.

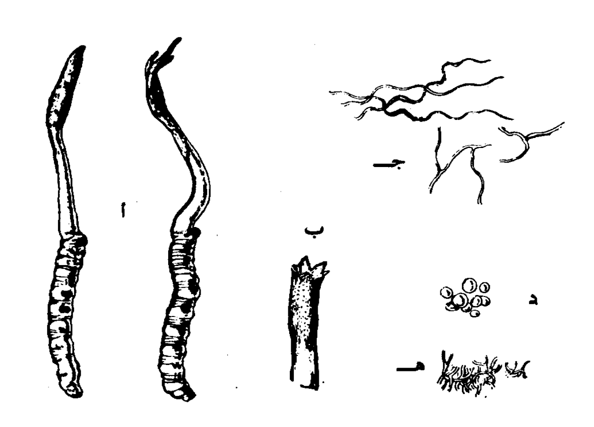
وأظهرت الدراسات أن التغذية المنتظمة على هذه الكيزان المتفحمة تؤدى إلى الوقاية من الإصابة بالتهاب الجهاز الهضمى والإمساك وسوء التغذية الناتج عن سوء عملية الهضم، كما وجد أن فطر التفحم السابق يثبط نمو الخلايا السرطانية فى النسيج الضام.

ولا تقتصر هذه الفوائد الطبية عظيمة الأهمية على الفطريات المرضة للنبات، ولكن هناك فطريات أخرى تصيب يرقات وعذارى بعض الحشرات وتقتلها، وبعد ذلك تستكمل هذه الفطريات المرضة نموها مكونة أجسامًا ثمرية ذات استخدامات طبية لا حصر لها.

فعلى سبيل المثال، تصاب يرقات الحشرات حرشفية الأجنحة بفطر ممرض تخترق خيوطه الفطرية جليد اليرقة وينمو داخل جسمها، حيث تموت اليرقة خلال خمسة أيام من العدوى. ويستكمل الفطر المرض نموه على اليرقة الميتة، ثم يكوّن أجسامًا ثمرية برتقالية اللون تظهر فوق سطح التربة، خارجة من جسم اليرقة المدفونة بها.

وتعتبر هذه الأجسام الثمرية التى يكونها الفطر المرض ذات قيمة طبية عالية، وهى تستخدم فى كثير من دول شرق آسيا (خاصة الصين) فى علاج كثير من الأمراض وتخفيف الآلام، فيما يسمى بالطب الشعبى والذى يشابه عندنا العلاج بالأعشاب النباتية.

وهناك أنواع مختلفة من هذه الفطريات المرضة ليرقات الحشرات، لعل أكثرها شهرة (فطر اليرقة الصينى)، والذى يستخدم عادة عند طهى الطيور كمادة تزيد من القيمة الغذائية للطعام، وكفاتح للشهية. وكان هذا الفطر من المواد الغذائية الهامة التى تجلب للإمبراطور الصينى، ولا يتم تقديمها إلا فى البلاط الإمبراطورى لخاصة القوم، وكان سعرها يقدر بأربعة أمثال وزنها من الفضة.



شكل (٣٤) : فطر اليرقة الصينى (*Cordyceps sinensis*) .
(أ) جسم ثمرى للفطر ينمو من رأس اليرقة الميتة .
(ب) تفتح الجسم الثمرى من أعلى .
(جـ) الخيوط الهيفية للفطر .
(د) جراثيم الفطر . (هـ) نموات هيفية .

ويجد أهالى الصين فى البحث عن هذه اليرقات الميتة التى تنمو عليها الأجسام الثمرية ذات الألوان الزاهية لذلك الفطر المرض، ويتم جمع اليرقات وما عليها من أجسام فطرية، ويجفف ويطحن معًا. وتشتهر بعض محافظات الصين بوجود ذلك الفطر المرض لليرقات كما هو الحال فى محافظة سيشوان ذات المناطق الجبلية التى ترتفع إلى حوالى ثلاثة آلاف متر فوق سطح البحر، والتى يغطيها الجليد حتى خلال فصل الصيف.

ويعتقد الأهالى فى مثل هذه المحافظات الصينية أن المسحوق الجاف للأجسام الثمرية الملونة للفطر المرض، وكذلك لليرقات الميتة نفسها له تأثير جيد على

صحة الإنسان كمقو عام، كما أنه يعيد الصحة والعافية للمرضى خلال فترة النقاهة، بالإضافة إلى استخدامه فى عديد من الأغراض الطبية الأخرى.

ولقد أكد البحث العلمى الحديث ذلك، فلقد ذكر الباحث Pegler وزملاؤه فى بحثهم المنشور عام ١٩٩٤ فاعلية فطر اليرقة الصينى فى علاج السل والكحة والأنيميا، وكذلك يساعد على تخفيف آلام الظهر والركبتين. ومن أسهل الطرق التى يمكن اتباعها لاستخدام هذا الفطر هو غليانه فى الماء وشربه، وهذه الطريقة تشبه تجهيز كوب من الشاى.

وليس من العجيب أن كثير من شركات الأدوية استفادت من نتائج هذه الأبحاث، وأنتجت أدوية مفيدة للناقهين وكبار السن، حيث يتم خلط المسحوق الجاف لكل من الفطر المرض واليرقة مع بعض الأعشاب الطبية، أو مع بعض المواد المقوية، مثل غذاء ملكات النحل، ونبات الجانسج حيث يتضاعف التأثير المفيد بصحة الإنسان.

كما ذكرت كثير من المعاهد الطبية الصينية نتائج أبحاثها الطويلة على كثير من الفطريات الممرضة ليرقات الحشرات، حيث يعالج بعضها مرض الملاريا، بينما يؤثر البعض الآخر على قائمة من الأمراض مثل الارتعاش التشنجى والبكاء الليلى للأطفال وسرعة خفقان القلب، كما يستعمل بعضها فى تطهير العين وكمواد مضادة للتسمم وغير ذلك من أمراض أخرى، كل ذلك من فطر ممرض يصيب يرقات حشرية ضعيفة سيئة الحظ، فيا سبحان الله!.



١١ – القبض على فطر الزرنيخ..

فى بداية ثلاثينيات هذا القرن، شرع أحد الفنادق الرئيسية التى تنتشر فى مدينة Gosio الصغيرة بالمملكة المتحدة فى عمل تجديدات شاملة للمبنى ذى الحجرات القليلة، لكى يوفر لنزلائه قدرًا جيدًا من الراحة.

وبعد أن أتم صاحب الفندق إعادة تجديد المبنى، أمر عماله بتركيب ورق حائط جديد من ذلك النوع ذى الأشكال الجميلة الملونة التى يعجب بها نزلاؤه، وكانت الصبغات المستعملة فى ذلك الحين لتلوين ورق الحائط يدخل فى تركيبها عنصر الزرنيخ.

وما أن انتهى تجديد الفندق حتى فاض بزبائنه، الذين أعجبتهم تلك التجديدات الشاملة، وخاصة ورق الحائط الجديد ذى الألوان الزاهية. ولكن لم تكد تمضى أيام قليلة على افتتاح الفندق، حتى شعر بعض نزلائه بآلام فى المعدة يصاحبها قيء مستمر وإسهال، واتجهت أصابع الاتهام إلى طاهى الفندق وما يقدمه لزبائنه من أطعمة.

وامتنع النزلاء عن تناول الطعام فى الفندق، ونشطت الشرطة الإنجليزية (سكوتلانديارد) لمعرفة سر هذه الأعراض التى يعانى منها معظم نزلاء هذا الفندق، ولم تكد تمر أيام حتى سقطت أول ضحية، وجدوها ميتة وهى راقدة فى فراشها. ولم تكن هذه الضحية هى الأخيرة.

ولم تجد الشرطة شيئًا ما فى مطبخ الفندق، وأطلق سراح الطاهى الذى ثبتت براءته من حالات التسمم، ولكن استرعى انتباه الشرطة انتشار رائحة تشبه رائحة الثوم بين أرجاء الفندق، فماذا كان سر هذه الرائحة؟.

لقد اكتشف الخبراء أن رطوبة الجو قد لحقت بورق الحائط لدرجة أن بعض الفطريات قد نمت عليه، وبالفحص المجهرى عرف أنه الفطر *Scopulariopsis brevicaule* الذى نمت هيفاته على الورق محللة أليافه، وأيضًا محولة مركبات الزرنيخ التى تدخل فى تركيب الألوان إلى مواد متطايرة مثل غاز ثانى ميثيل الزرنيخ dimethyl arsine الذى يتميز برائحته التى تشبه رائحة الثوم.

وهكذا تم التوصل إلى القاتل الحقيقى، وهو ذلك الغاز السام، وأيضًا عرف المسئول عن ذلك – وهو الفطر المحلل لورق الحائط – وعلى الرغم من هذا لم يتم القبض على القاتل ولا المحرض على القتل، ولكن تم إزالة جميع ورق الحائط الذى يستعمل فى تلوينه مركبات الزرنيخ.

ومنذ ذلك الحين عرف هذا الفطر باسم فطر الزرنيخ فى مدينة جوسيو Arsenic fungus of Gosio ، وأصبحت هذه الحادثة التاريخية أحد العلامات التى لاتنسى لدور الفطريات فى الإضرار بصحة الإنسان وممتلكاته.

ولا يقف النشاط المدمر للفطريات عند حدود معينة، فالفطريات التى تحلل ألياف السيليلوز وتتلف الأحبار والصبغات، هى نفسها المدمرة للكتب والمخطوطات النفيسة النادرة. وكَمْ من مخطوطة حفظت فى مخازن رطبة سيئة التهوية، وجدت فيها الفطريات غذاءً ميسورًا دون أن تعبأ بقيمة هذه المخطوطة التى ربما تكون الوحيدة من نوعها.

وعلى سبيل المثال، وجد فى حلب – بسوريا – أحد المخطوطات الورقية النادرة والتى تعرف باسم مخطوطة حلب Aleppo Codex ، وهى عبارة عن الجزء الأول من التوراة (العهد القديم من الكتاب المقدس)، والتى يرجع تاريخها إلى القرن العاشر قبل ميلاد السيد المسيح.

وكانت هذه الوثيقة متآكلة الأطراف، كأنما احترقت بفعل فاعل، وظل هذا الاعتقاد لدى الباحثين حتى عام ١٩٤٧، حيث أثبت الفحص المجهرى لأطراف أوراق ذلك المخطوط النادر أن سبب تآكل حوافه هو نمو بعض أنواع الفطر *Aspergillus* ، التى تنمو على الورق مفرزة أحماضًا عضوية تفقد الورق لونه الناصع، وتعجل بتدهوره خاصة تحت ظروف الرطوبة الجوية العالية.

وتتميز تلك المخطوطات القديمة بأنها تجلد باستعمال كميات مختلفة من المواد الغروية، التى تتركب أساسًا من الدقيق والدكسترين. وتعتبر المواد السابقة مواد غذائية جيدة لنمو الفطريات، هذا مما يجعل تلك المخطوطات أكثر عرضة للتدهور بفعل الفطريات أكثر من غيرها من الكتب الحديثة.

ومعظم الفطريات المسببة لتدهور الكتب والمخطوطات القديمة عبارة عن أنواع مختلفة تتبع الأجناس *Penicillium* و *Chaetomium* ، بالإضافة إلى الفطريات *Cladosporium herbarum* و *Trichoderma viride* و *Stachybotrys alba* .

وبعض هذه الفطريات تهاجم اللوحات الفنية المرسومة بألوان زيتية على قطع من النسيج المصنوع من القطن. ولعل من أكثر الأمثلة المعروفة ذلك التلف الذى لحق بلوحة الفنان Juliette Wagner المسماة (لوحة جوليا ميرك Jugia Merck) والتى تعود إلى عام ١٩٠٩ والتى توجد حاليًا فى متحف مدينة Darmstadt بألمانيا.

وفى هذه اللوحة ، هاجم الفطر *Chaetocladium brefeldii* اللون الأسود فقط، حيث نمت مستعمراته محللة ذلك اللون المستعمل فى تلوين قبعة السيدة، نظرًا لأن ذلك اللون من مصدر طبيعى (سناج). ولقد اضطرت إدارة المتحف إلى معالجة اللوحة الفنية بأبخرة الفورمالين لمدة ١٢ ساعة لقتل هذا الفطر وإنقاذ اللوحة.

ولا تكاد تنجو مادة طبيعية ما من هجوم الفطريات، حتى الزجاج تهاجمه هيفات بعض الفطريات مسببة نقرا على سطحه ، وهذا يقلل من جودة العدسات ، ويخفض من كفاءة الأجهزة الحساسة المعتمدة على العدسات، مثل المجاهر والأجهزة الضوئية الأخرى. وينصح عادة بحفظ هذه الأجهزة فى مكان جاف مغلق.

وهناك فطريات تهاجم التماثيل وشواهد القبور الأثرية المصنوعة من الرخام، خاصة عند ارتفاع الرطوبة الجوية. وتسبب هذه النموات الفطرية تفتت وتآكل الاثار الرخامية ، مما يؤثر عل متانتها وبقائها لفترات طويلة ، وقد ينتهى الأمر بضياع الأثر الرخامى كلية.

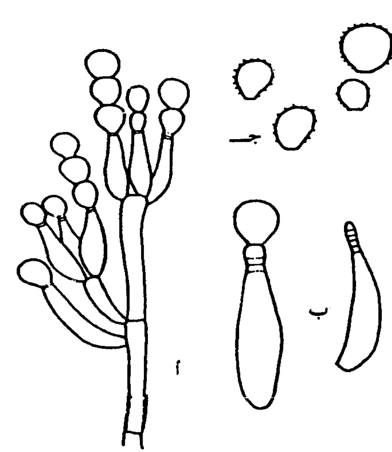
وحيث أن الرخام يتركب أساسًا من كربونات الكالسيوم، فإن نمو بعض الفطريات المفرزة للأحماض العضوية عليها ، مثل فطر *Aspergillus niger* وبعض الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* يؤدى إلى تحليل كربونات الكالسيوم، خاصة عند تخلل هيفات الفطر للطبقة السطحية من الأثر الرخامى.

ويؤثر تخلل النموات الفطرية للرخام إلى حدوث ضغوط ميكانيكية تعمل مع إفراز الهيفات للأحماض العضوية – مثل الستريك والأكساليك – إلى تقشر الأثر

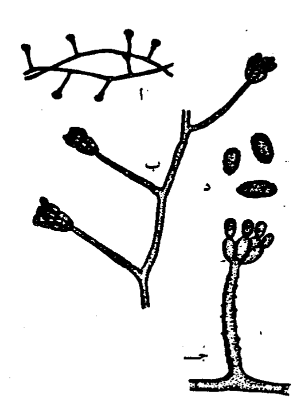
الرخامى وضياع التفاصيل الدقيقة به مثل الكتابات والزخارف، مما يتلف الأثر وتضيع قيمته الفنية والجمالية والأثرية.

وتتعرض الأجهزة الكهربائية لأخطار مشابهة ناتجة عن فعل الفطريات، خاصة فى المناطق الاستوائية، حيث تجد الفطريات ما تحتاج إليه من رطوبة عالية وحرارة معتدلة ومواد غذائية متوفرة تكفى لنموها على المواد العازلة فى تلك الأجهزة الكهربائية مسببة مشاكل لا حصر لها.

وتستعمل حاليا بعض المواد البلاستيكية فى صناعة بعض المكونات الرئيسية فى مثل هذه الأجهزة الكهربائية، مثل الدوائر الكهربائية المطبوعة التى تصنع من مادة الايبوكسى والبولى إثيلين والبولى بروبيولين، والتى تهاجمها - هى الأخرى - عديد من الفطريات.



(شكل ٣٥): الفطـــــر
Scopulariopsis brevicaule
المحلل لورق الحائط والمعروف
باسم فطر الزرنيخ ***arasenic fungus*** .
أ = جزء من الحامل الكونيدى
يحمل كونيديات فى سلاسل.
ب = الخلية المولدة للكونيديات
(قارورة حلقية).
جـ = كونيديات.



(شكل ٣٦): فطر ***Stachybotrys alba*** المسبب لتحلل الكتب والمخطوطات القديمة.

أ = منظر عام لنمو الفطر والحوامل الكونيدية.

ب و جـ = حوامل كونيدية وتجمع الكونيديات.

د = كونيديات.

ومن أمثلة هذه الفطريات الفطر *Cladosporium cladosporioides* والفطر *Fusarium solani* والفطر *Chaetomium* ، بالإضافة إلى أنواع من الجنس *Penicillium* . ولا تكتفى هذه الفطريات بذلك، بل أنها تهاجم الأسلاك المدفونة تحت سطح الأرض وكذلك رقائق السيليكون عالية الصقل.

ويتعرض الوقود الهيدروكربونى وزيوت التشحيم أيضا للتلف بفعل الفطريات، ومن أكثر الأمثلة المعروفة فى هذا المجال تلوث وقود الطائرات – خاصة فى المناطق الاستوائية – بالفطر *Hormoconis resinae* ، حيث ينمو هذا الفطر على خزانات الوقود مستفيدًا بأبخرة الوقود والماء الموجودة عليه، ولذا يعرف باسم فطر الكيروسين Kerosine fungus .

وينتج عن نمو هيفات الفطر السابق وجراثيمه الوفيرة انسداد أنابيب الوقود والمرشحات. كما يفرز هذا الفطر أحماضًا عضوية ناتجة عن تمثيله الغذائى تسبب خسائر إضافية لأجهزة الملاحة الجوية فى تلك الطائرات.

ولم تنج الجلود من هجوم الفطريات، وكذلك المواد اللاصقة والعقاقير الطبية ومساحيق التجميل وآلاف المنتجات الأخرى التى ينتجها الإنسان ولا تعدم الفطريات وسيلة للوصول إليها والنمو عليها وإتلافها.

١٢ - ومن الفطر .. ما قتل ..

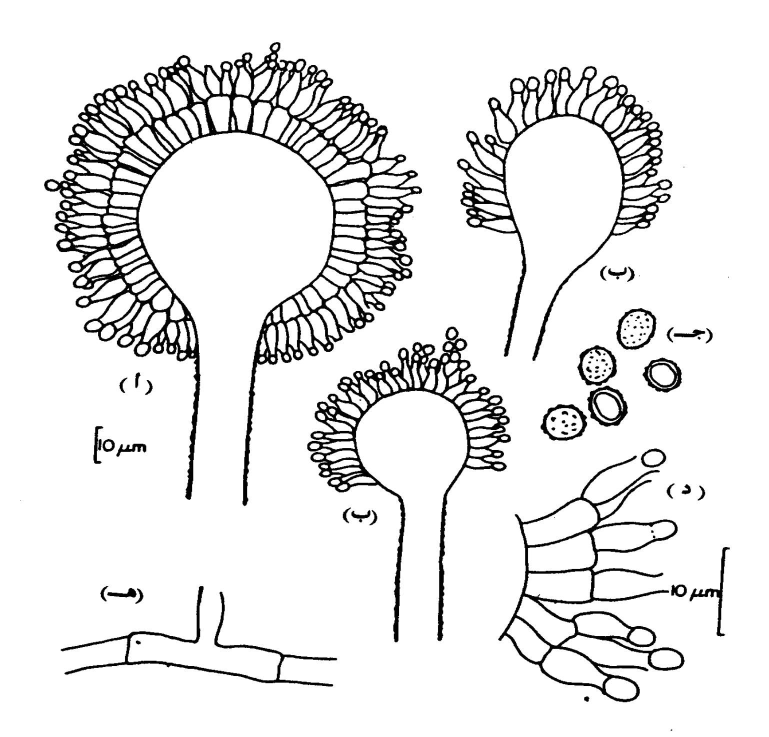
كان ذلك عام ١٩٦٠، حين وقف أحد أصحاب مزارع الديوك الرومية القريبة من لندن - بالمملكة المتحدة - يراقب نمو الطيور ويحسب مكاسبه لهذا العام، بينما يهتم العاملون حوله بنظافة الحظائر وتقديم العلف، وغير ذلك من أعمال روتينية ألفوها منذ سنوات طويلة مضت.

ولكن هذه المرة لاحظ صاحب المزرعة أن بعض الديوك الرومية - خاصة صغيرة العمر - تعانى أعراضًا غريبة، حيث فقدت شهيتها للعلف وبدأت تعانى الهزال، وتنزوى جانبًا. وبعد أيام قليلة ظهرت هذه الأعراض على كثير من الطيور، صغيرها وكبيرها، كما بدأت بعض الديوك تسير مترنحة، وبعضها أصيب بتقلصات عضلية، ثم بدأت أعداد من هذه الديوك فى السقوط ميتة.

ودق صاحب المزرعة ناقوس الخطر، واستنفر رجاله وأطباءه البيطريين لإنقاذ هذه الديوك المريضة، ولوقف العدوى فى مزرعة كانت تحتوى فى هذه اللحظة على أكثر من مائة ألف ديك رومى، إلا أن الأطباء البيطريين وقفوا عاجزين أمام هذا المرض المجهول الذى لم تفلح جميع العقاقير فى وقف زحفه على جميع طيور المزرعة يحصدها حصدًا، حتى أطلقوا على هذا المرض اسم مرض الديوك الرومية المجهول.

ولم تمر شهور قليلة، حتى أبيدت ديوك هذه المزرعة بالكامل، وكانت خسارة فادحة هددت باقى مزارع الديوك الرومية الأخرى فى إنجلترا، ولكن - للعجب - لم تظهر هذه الأعراض فى أى مزرعة أخرى على وجه الإطلاق.

وتنافس الباحثون للتعرف على سر هذا المرض الغامض، حيث وجدوا أن هذه المزرعة تتعامل مع أحد مصانع العلف القريبة منها لتوريد العلف اللازم لتغذية الديوك الرومية، والذى يستعمل فى إنتاجه للعلف دقيق الفول السودانى، وعند فحص بذور الفول السودانى وجد أنها ملوثة ببعض الفطريات الهيفية، وكان على رأسها الفطر *Aspergillus flavus* والتى تتميز بإفراز مادة سامة (توكسين) على المادة الغذائية التى تنمو عليها، وأطلق على هذه المادة السامة اسم أفلاتوكسين (aflatoxin) نسبة إلى اسم الفطر.



(شكل ٣٧): الفطر ***Aspergillus flavus*** .

(أ) رأس كونيدية تحمل فريعات **metulae** وقارورات **phialides** .

(ب) رأس كونيدية تحمل قارورات مباشرة.

(جـ) كونيديات.

(د) فريعات **metulae** مكبرة تحمل قارورات.

(هـ) خلية القدم **foot cell** .

ومنذ ذلك الحين عرفت البشرية واحدًا من السموم الفطرية القاتلة التى كانت تلوث غذاءها وعلف حيواناتها بدرجات متفاوتة، محدثًا خسائر لا حصر لها دون أن يدرى أحد المسبب الحقيقى لها، كما أوضحت الدراسات التى أجريت على هذا السم أنه من أقوى المواد المشجعة على حدوث طفرات، كما أنها أكثر المواد الموجودة طبيعيًا من ناحية تأثيراتها المسرطنة.

ولقد اكتشفت مركبات عديدة من هذه الأفلاتوكسينات، تفرزها أنواع أخرى من الفطر السابق وذلك عندما تلوث بذور الفول السودانى وبذور القطن، بالإضافة إلى عديد من الثمار البندقة (كالبندق واللوز وعين الجمل والبكان وغيرها). وكذلك على حبوب الذرة والقمح وغيرها من الحبوب الأخرى، خاصة عندما ترتفع الرطوبة النسبية.

وتوالت الاكتشافات بعد ذلك، حيث حرص العلماء على البحث عن وسيلة سريعة للكشف عن وجود هذه السموم فى البذور والحبوب قبل استخدامها كغذاء أو علف، أو استعمالها فى التصنيع الغذائى. ولقد وجد أن المواد التى تحتوى على هذه السموم تعكس ضوءًا فلورسنتيًا عند تعريضها للأشعة فوق البنفسجية.

وأظهرت الدراسات السابقة أن الضوء الفلورسنتى المنعكس من عينات المواد السابقة كان لونه أخضر فى بعض الحالات، وأزرق فى حالات أخرى، وهذا يدل على وجود نوعين مختلفين من هذه المواد السامة (الأفلاتوكسينات). ولقد أطلق على النوع الأول: أفلاتوكسين G نسبة إلى اللون الأخضر green ، وأطلق على النوع الثانى: أفلاتوكسين B نسبة إلى اللون الأزرق blue .

وأوضحت الأبحاث مدى خطورة هذه المواد السامة على صحة الإنسان، سواء تناولها مباشرة عن طريق التغذية على حبوب ملوثة بالفطر المفرز للأفلاتوكسين، أو التغذية على لبن الحيوانات التى تناولت علفًا ملوثًا بهذه المادة السامة. وهذا يعنى إمكانية انتقال التوكسين عن طريق اللبن.

وهذه الخاصية للأفلاتوكسينات جعلت الأمهات تصاب بالرعب، حيث أن ما يأكلونه من غذاء قد يكون ملوثًا بهذا السم الزعاف قد يجد طريقه إلى أبنائهن

الرضع خلال لبن الرضاعة الطبيعـي، والـذى يؤثـر علـى الطفـل حديـث الـولادة بصورة أشد من تأثيره على الشخص البالغ.

كما وجد أن هذا السم يبقى فعالاً فى لبن الأبقار حتى بعد تجفيفه فـى صـورة مسحوق لبن جاف، وكذلك بعد تصنيعه إلى جبن أو زبادى.

ولا يقتصر الضرر الناتج عن سموم الأفلاتوكسينات على عـرض واحـد، بـل أن هناك قائمة طويلة ومرعبة من الأخطار الناتجة عن هذا السم الزعاف، فهو يسبب إحداث طفرات جينومية، وتشوهات كروموسـومية، وأخـرى خلقيـة فـى الجنـين قبل الولادة أو بعدها، كما يسبب خفضًا لجـهاز المناعـة فـى الإنسـان وإصابتـه بمرض السرطان خاصة سرطان الكبد، سواء فى الإنسان أو حيوانات المزرعة.

وتكفى كمية ضئيلة من هذا السم لإحداث مثل هذه الأضرار، ففى تجربة علـى أحد أنواع سمك السلمون المرقط وجد أنه إذا تناول هذا السمك غذاءً يحتوى على نصف جزء فى البليون من الأفلاتوكسين، فإن ذلك كافٍ لكى يصاب هذا السـمك بسرطان الكبد، ثم يموت خلال أيام قليلة.

وكذلك الحال عند اختبار سمية الأفلاتوكسينات على حيوانات المزرعة، فلقد وجد أن الحيوانات صغيرة العمر أكثر حساسية من الأخرى كبـيرة العمـر، فعلـى سبيل المثال تأثرت العجول الصغيرة أكثر من الأبقـار البالغـة. كمـا كـانت بعـض أنواع الحيوانات أكثر حساسية من أنواع أخرى، فصغار البـط (عمـر يـوم) كـانت أكثر الأنواع حساسية للأفلاتوكسينات، بينما كانت الخـراف أكـثر تحمـلاً وأقـل تأثرًا به.

ولقد أدى اكتشاف هذا التوكسين إلى تركز الدراسات الخاصـة بالصحـة العامـة والشخصية علـى احتمـال وجـود ارتبـاط بـين كميـة الأفلاتوكسـين الملوثـة لغـذاء الإنسان وإصابته بمرض سرطان الكبد. ولقد أمكن إثبات هذا الارتبـاط فـى بعـض الدول النامية بقارتى آسيا وأفريقيا.

وفى إحدى هذه الدراسات (المجلة الطبية لجنوب أفريقيا – ١٩٧٤)، تم فحص عينة من سكان مدينة بانتو عاصمة موزامبيق – على الساحل الشمالى لجنوب أفريقيا – حيث وجد أن مرض سرطان الكبد ينتشر هناك بمعدلات عالية تصل إلى خمسمائة ضعف المعدل الموجود فى الولايات المتحدة. وعندما فحصت الأطعمة التى يتغذى عليها الأهالى فى هذه المنطقة، وجد أن معظمها يصنع من دقيق الذرة، الذى كان ملوثًا بالأفلاتوكسينات بنسبة ٩,٣٪ من العينات المختبرة.

وعند حساب الكمية اليومية من الأفلاتوكسينات التى يتغذى عليها الأهالى فى الحالة السابقة وجد أنها حوالى ١٥ ملليجراما، ويعتبر هذا المعدل أعلى المعدلات التى تم تقديرها على وجه الإطلاق من تلوث الأغذية الآدمية بالأفلاتوكسينات.

ولقد وضعت عديد من القوانين التى تشترط خلو غذاء الإنسان وعلف الحيوانات من سموم الأفلاتوكسينات، أو على الأقل تضع حدًا أعلى للمسموح به. ولا يعنى تلوث غذاء ما بفطر من الفطريات المنتجة للأفلاتوكسينات بأن هذا السم موجود حتمًا فى الغذاء، لأن إفراز الفطر لتلك السموم يكون تحت ظروف الرطوبة العالية والحرارة المعتدلة.

فعلى سبيل المثال، وضعت إدارة الأغذية والأدوية بالولايات المتحدة مستويات مسموح بها لسموم الأفلاتوكسينات لا تتجاوز ٢٠ جزءا فى البليون فى الأعلاف المقدمة لأبقار اللبن، وعند هذا المستوى المنخفض فإن كمية الأفلاتوكسين التى تصل إلى لبن هذه الأبقار لن تزيد عن نصف جزء فى البليون ، وهى نسبة مسموح بها فى الغذاء الآدمى، بينما لن يتبقى فى لحم الأبقار أى أثر لهذا السم.

وبالإضافة إلى ما سبق، فإنه لا يمكن اعتبار نصف جزء فى البليون من الأفلاتوكسين مهددًا لصحة الإنسان، حيث أن هذه الكمية سوف يقوم الجسم بالتخلص منها بعد هضم الأغذية المحتوية عليها عن طريق الفضلات التى تخرج طبيعيًا من الجسم.

وعلى أية حال، فلقد زاد الوعى الصحى بالنسبة للعاملين فى المجال الزراعى بعد مرور حوالى أربعة عقود على اكتشافات سموم الأفلاتوكسينات ومعرفة

خطورتها على صحة الإنسان، لذلك فإنه يتم استبعاد الحبوب الملوثة بالفطريات المفرزة للأفلاتوكسينات وعدم استعمالها كغذاء آدمى أو علف لحيوانات المزرعة.

وأحيانًا يتم إعادة تصنيع مثل هذه المواد الغذائية الملوثة بالأفلاتوكسينات، فعلى سبيل المثال تستخدم بذور الفول السودانى الملوثة بهذه السموم فى إنتاج زيت الفول السودانى، حيث يبقى الأفلاتوكسين فى بقايا عصر البذور، ويخلو الزيت منها ويصبح آمنا غذائيًا.

ولا تقتصر السموم الفطرية على الأفلاتوكسينات، فلقد أظهرت الدراسات العديدة التى أجريت على الفطريات الملوثة لغذاء الإنسان وعلف الحيوانات أن بعضًا منها يفرز أنواعًا أخرى من السموم، مثل الأوكراتوكسينات التى تلوث حبوب الغلال.

ولقد سببت مثل هذه التوكسينات مشاكل صحية لا حصر لها فى عديد من دول العالم الثالث مؤخرًا، كما هو الحال فى رومانيا ويوغسلافيا.

وهناك أنواع أخرى من السموم الفطرية ينتجها بعض أنواع الفطر فيوزاريم عند نموها على حبوب الذرة فى الجو الرطب، تسبب أمرضًا للجهاز التنفسى للحيوانات. ويقال إن هذه السموم الفطرية استخدمتها بعض الدول الكبرى خلال حربها فى فيتنام وأفغانستان كأسلحة حيوية مدمرة.

ومن الفطريات الأخرى السامة، بعض الأنواع البرية من فطريات عيش الغراب. وعلى الرغم من أن الأنواع السامة من هذه الفطريات لا يتعدى فى نسبته ما هو فى الثعابين، إلا أن العامة يخشون تلك الأنواع البرية خشيتهم الثعابين، وربما أشد خشية.

وكان لفلاسفة الأغريق رأيهم الخاص فى هذه الفطريات، حيث ربطوا بينها وبين الشياطين والأرواح الشريرة، واعتقدوا أن سمية هذه الأنواع ترجع إلى امتصاصها للمواد السامة من البيئة التى تنمو فيها مثل الأجسام المتعفنة، وأيضا من الحيوانات السامة كالعقارب والثعابين.

ولقد ساد الخوف والرهبة بين كثير من الناس من فطريات عيش الغراب البرية خلال القرون الوسطى، حيث اعتقد العامة - حينذاك - أن مجرد لمس واحدة من ثمار هذه الفطريات سوف يعقبه شر مستطير، بل ووصل الأمر إلى الاعتقاد بأن هذه الثمار من صنع الشيطان نفسه.

وفى ذلك الوقت اعتقد العامة أن الشيطان يتنكر فى صورة ضفدع سمين عجوز يتجول فى الأرض ناشرًا فيها الشر والخراب، فإذا ما ناله التعب والإرهاق فإنه يصنع لنفسه مقعدًا من ثمار عيش الغراب (toadstool) يجلس عليه ليستريح، وحيث أن هذه الثمار من عيش الغراب من صنع الشيطان، فلابد وأنها تكون سامة، أو على الأقل ضارة بصحة آكليها.

ولا تنتشر الأنواع البرية من فطريات عيش الغراب فى بلادنا بكثرة نظرًا للمناخ الجاف، إلا أننا قد نشاهد بعضًا من ثمار عيش الغراب فى الحدائق والمتنزهات حيثما توجد المادة العضوية والظل والرطوبة العالية. كما يشاهد أبناء الريف هذه الثمار البرية على أكوام السباخ وعلى ضفاف الترع وتحت الأشجار.

وحيث أن ثمار عيش الغراب البرية لم تمثل لنا يومًا ما مصدرًا للغذاء، فإن معلوماتنا عن الأنواع المأكولة وغير المأكولة محدودة إن لم تكن معدومة. وعلى العكس من ذلك، لا يشق على الأوربيين التعرف على الأنواع المأكولة من ثمار عيش الغراب البرية، والتى تتميز بالطعم الفاخر والنكهة المتميزة التى تفوق الأنواع التجارية التى يتم زراعتها، بينما يتركون الأنواع الأخرى غير المأكولة - والتى بعضها سام - غير آسفين عليها.

وقد يحدث فى بعض الحالات أن تختلط ثمرة واحدة سامة - يتم جمعها عن طريق الخطأ - مع ثمار أخرى من عيش الغراب المأكولة الشهية دون أن يتنبه الإنسان إلى ذلك، وبذا قد يؤدى الخطأ فى جمع ثمار عيش الغراب البرية إلى أن يكون هذا الخطأ هو آخر الأخطاء التى يرتكبها الإنسان فى حياته.

وهناك أنواع من ثمار عيش الغراب تعتبر غير مأكولة، ولكنها - في نفس الوقت - ليست سامة على وجه الإطلاق. فعلى سبيل المثال لا تؤكل ثمار عيش الغراب ذات القوام الجلدى أو الفلينى، أو تلك الثمار الخشبية، وكذلك الثمار لزجة الملمس أو جيلاتينية القوام، ولا الثمار ذات الرائحة المنفرة أو الطعم الكريه.

أما الأنواع السامة من فطريات عيش الغراب، فهى تلك الأنواع التى تحتوى ثمارها على بعض السموم الفطرية (توكسينات)، والتى تؤثر على التمثيل الغذائى للإنسان الذى يتناولها. وهناك أنواع من هذه السموم تؤثر على الجهاز الهضمى قيئًا وإسهالاً، إلا أنه بعد فترة يعود الإنسان سالمًا معافىً.

ولكن هناك أنواعًا أخرى من سموم عيش الغراب أشد تأثيرا، وقد تكون مهلكة، وذلك نتيجة تأثيرها على الجهاز العصبى. وتظهر أعراض هذه السموم بعد فترة طويلة نسبيًا من تناول تلك الأنواع السامة، وتكون عادة على صورة ضعف عام ودوخة وزغللة، وقد تتأثر وظائف الكبد والكلى. ويتوقف ذلك - بصفة عامة - على نوع الفطر السام، وأيضًا على الحالة الصحية للإنسان حيث يكون التأثير أكبر على الأطفال وكبار السن والسيدات الحوامل.

وليس من الضرورى أن تكون تلك الأنواع السامة من فطريات أنواع عيش الغراب ذات طعم كريه أو رائحة منفرة، ولكن على العكس من ذلك ، فهناك أنواع تتميز برائحتها العطرية وطعمها الشهى الذى يشبه طعم الفاكهة، إلا أنه سام كما هو الحال فى فطر عيش غراب الفاكهة المحرمة *Inocybe patouillardii*.

وعلى ذلك فإن السبيل الوحيد لتجنب التسمم ببعض أنواع فطريات عيش الغراب البرية هو التعرف على الأنواع المأكولة وجمعها، وتجنب أى أنواع أخرى مجهولة أو ليست مألوفة. ولقد انتشرت كثير من الجمعيات الأهلية فى أوربا والولايات المتحدة لنشر الوعى الصحى والتعرف على الأنواع المأكولة، وتعلم الإسعافات الأولية لمن يشتبه فيه تناول ثمرة من تلك الأنواع السامة.

وفى مصر يمكن للمهتمين تعلم الكثير عن عيش الغراب وذلك بالاتصال بوحدة أبحاث وإنتاج عيش الغراب بكلية الزراعة جامعة عين شمس بشبرا الخيمة، وهذه الوحدة تعمل منذ أكثر من عشر سنوات فى توفير المعلومات اللازمة عن عيش الغراب فى مصر والدول العربية الأخرى.

ولقد اهتمت الدراسات فى جميع أنحاء العالم بالمركبات السامة التى تحتويها تلك الأنواع البرية من فطريات عيش الغراب، وعلى رأسها تلك الببتيدات الحلقية التى تسبب تحللاً للخلايا. ومن أهم السموم الفطرية التابعة لهذه المجموعة مركبات الأماتوكسينات (amatoxins)، وهى مركبات ثابتة حراريا، وبذلك يستمر تأثيرها السام حتى بعد طهى ثمار عيش الغراب البرية المحتوية عليها، وأيضًا فى الثمار بعد تجفيفها.

وتظهر أعرض التسمم بمركبات الأماتوكسينات بعد حوالى ٨ – ١٥ ساعة من تناول ثمار عيش الغراب المحتوية عليها. وتتركز الأعراض فى اضطرابات معوية مصحوبة بغثيان، ثم قىء وإسهال. وقد ينتهى الأمر عند هذا الحد إذا تناول الإنسان جزءًا من ثمرة عيش الغراب السامة، أما إذا تناول أكثر من ذلك فإن الكبد يصاب بتلف شديد، وينتهى الأمر بالوفاة.

وتوجد مثل هذه التوكسينات فى فطر عيش الغراب ذى القبعة المميتة، واسمه العلمى *Amanita phalloides*، وهو من أكثر فطريات عيش الغراب السامة شهرة من ناحية تأثيره المميت على ضحاياه، ممن يجمعون ثماره ويأكلونها عن طريق الخطأ.

وبعض السموم الفطرية لفطريات عيش الغراب البرية السامة الأخرى ذات تأثيرات سيئة على الجهاز الهضمى للإنسان، نظرًا لاحتوائها على مركب الأوريلانين orellanin السام، الذى يتميز بثباته حراريًا ومقاومته لعوامل الجفاف.

وتتميز أعرض التسمم بهذا المركب بالتشنجات العضلية المصحوبة بصداع وآلام فى الظهر، كما يسبب هذا التوكسين فشلاً كلويًا خلال ٧ – ١٧ ساعة من تناوله.

وهناك توكسينات أخرى توجد فى بعض ثمار عيش الغراب البرية السامة تتميز بعدم ثباتها حراريًا، حيث يمكن إبطال فاعلية هذه التوكسينات وذلك عن طريق سلق الثمار سلقًا جيدًا، ثم التخلص من ماء السلق، وبعد ذلك يمكن تناول الثمار المسلوقة دون أى خطورة على صحة آكليها، كما هو الحال فى فطر عيش غراب العسل *Armellaria mellea* .

ومن هذه التوكسينات غير الثابتة حراريًا مركب الجليومترين gyromitrin ومركب أحادى ميثيل هيدرازين monomethylhydrazine ، حيث يوجد التوكسين الأخير فى فطر عيش غراب المورشيلا الكاذبة. وعندما يتناول شخص ما ثمرة من هذا الفطر السام دون سلقها، فإنه يصاب بحمى شديدة نظرًا لتأثير هذا التوكسين على الجهاز العصبى المركزى.

كما أن هناك سمومًا أخرى لبعض الأنواع السامة من فطريات عيش الغراب البرية تؤثر على خلايا الدم الحمراء وتسبب أنيميا حادة لآكليها، ويرجع ذلك إلى وجود مركب فالوليسين phallolysin فى الثمار. إلا أن هذا المركب يتحلل بالحرارة، وبالتالى يؤدى الطهى الجيد لمثل هذه الثمار إلى التخلص من خطورتها على الصحة.

وبالإضافة إلى ما سبق، توجد مجموعات أخرى من فطريات عيش الغراب السامة تختلف فى نوع التوكسينات الموجودة فى ثمارها. فعلى سبيل المثال تحتوى بعض الأنواع التابعة لفطر عيش غراب القبعة الحبرية *Coprinus spp.* على سم الكوبرين coprine الذى يؤثر على الجهاز العصبى اللا إرادى بعد ٢٠ دقيقة من تناوله.

وفى فطر عيش غراب الذبابة *Amanita muscaria*، ذى القبعة الحمراء المبرقشة باللون الأبيض، والذى نشاهد صورته عادة على لعب الأطفال وفى أفلام الكارتون، توجد به بعض المواد السامة مثل مادة الموسكيمول muscimol . فإذا ما تناول الإنسان قطعة صغيرة من ثمرة هذا النوع من فطر عيش الغراب ، ينتابه بعد فترة قصيرة ميل للنعاس، أما إذا تناول بعضًا من هذه الثمار أصيب بغيبوبة

قصيرة، وقد تكون طويلة إذا أسرف فى تناول هذه الثمار ، ولا يفوق من غيبوبتــه هذه إلا أمام ملائكة الحساب.

وترجع تسمية الفطر السابق باسم عيش غراب الذبابة fly agaric إلى أن الأهالى فى أوربا كانوا يجمعون ثمار هذا الفطر من الغابات، ويسحقونها، ثم يخلطونــها مع اللبن والسكر ويضعون المخلوط فى وعــاء صغـير مفتـوح. وينجـذب الذبـاب إلى هذا المخلوط ولكن بمجرد أن يحط على الوعـاء ، فإنـه ينقلـب ميتًا علـى الفـور. وربما كان ذلك أول مبيد حشرى يتم تجهيزه باستعمال الفطريات.

وتوجد مجموعة أخرى من توكسينات عيـش الغـراب تحتـوى علـى مجموعـة الإندول، كما فى المركبين سيلوسـين psilocin وسيلوسـيبين psilocybin ، تؤثـر على بعض الأفراد دون الآخرين. ويرتبط تأثير هذه المركبات على حساسـية الفـرد للتوكسين. وتستعمل هذه الأنواع من فطريات عيش الغراب كعقار مــهدىء ومزيـل للتوتر، مثال ذلك فطر عيش غراب الرءوس الذهبية *Psilocybe cubensis* وفطـر عيش الغراب ذى القبعة الحرة *Psilocybe semilanceata*.

وهناك مركبات ســامة أخـرى لا حصـر لهـا تنتشـر فـى الأنـواع المختلفـة مـن فطريات عيــش الغـراب البريـة، مثـال ذلـك الألكـالويدات التـى تسـبب الغثيـان والشعور بالدوار، والتى توجد فى ثمار عيش الغــراب الثقبيـة ذات اللـون الأصفـر الكبريتى *Laetiporus sulphureus*، وتوكسين الماسكارين mascarine الـذى يعمـل على زيادة نشاط الغدد العرقية، مع رؤية أطياف وتهيؤات.

ونظرًا لانتشار مثل هذه الأنواع السامة من فطريات عيـش الغـراب البريـة فـى أوربا، فلقد تركت آثارهــا فـى الأدب الشـعبى هنـاك، كمـا أطلـق الأهـالى أسمـاء دارجة على بعض هذه الأنواع، تعكس انطباعهم السيىء عنـها. ومـن أمثلـة ذلـك فطر عيش غراب الشيطان، وفطر عيش غراب زبدة الساحرة وهرواة الشيطان وغير ذلك من أسماء.

وأيضًا فى بعض الدول الإفريقية التى ينتشر بها بعض الأنواع غير المأكولة من فطريات عيش الغراب البرية، مثل أنواع الكرات النافخة، وهى ثمار كروية الشكل ذات ثقب علوى تنفخ منه جراثيم سوداء اللون عند نضجها. وحيث أن هذه الأنواع غير مأكولة فلقد اعتقد الأهالى فى نيجيريا أن هذه الثمار الكروية تبيضها طيور الغابة قبيحة الشكل، فإذا ما فقست خرجت منها هذه السحابة السوداء من الجراثيم.

والعجيب أن الأهالى فى مالاوى يأكلون هذه الثمار الكروية قبل نضجها، حيث تكون مأمونة وغير ضارة، ويطلقون عليها اسم (زمبا) بمعنى طبلة قرد البابون.

ولقد استخدمت ثمار الأنواع السامة من فطريات عيش الغراب البرية فى القتل العمد مع سبق الإصرار والترصد، وهى جناية تؤدى مرتكبيها إلى حبل المشنقة أو الكرسى الكهربى تبعا للقانون المحلى. وعلى الرغم من ذلك فإن التاريخ يحفل بالعديد من الأمثلة، بينما هناك أمثلة أخرى لا حصر لها، لا يعلمها إلا الله، وهو عزيز ذو انتقام.

١٣ – هل توجد فطريات فى مياه المحيط؟

نحن نعتبر أنفسنا أبناء اليابسة، ولذلك نتحيز لها، ونطلق على كوكبنا الذى نعيش عليه اسم الكرة الأرضية علـى الرغـم مـن أن اليابسـة لا تمثـل سـوى ثلـث مسطح كوكب الأرض، والباقى مسطحات مائية تشغل المحيطات معظمها، فلماذا لا نعود إلى الحق – وهو فضيلة – ونسمى كوكبنا الكرة المائية.

ومعظم المياه التى تغطى سطح الأرض مياه مالحة، تذوب فيها نسبة عالية مـن الأملاح تصل إلى ٣٥ جرام ملح لكل لتر ماء، ويعتبر ملح كلوريد الصوديوم – ملـح الطعام – هو أكثر الأملاح الذائبة فى مثل هذه المياه.

وعلى الرغم من انتشار الفطريات فى جميع البيئات الأرضية، فإن وجودها فى مياه المحيطات كان محل تساؤل حتى عهد قريب. وحيث أن الفطريـات تحتـاج فى نموها إلى مواد عضوية تتغذى عليها، فإن نـدرة هـذه المـواد الصالحـة لتغذيـة الفطريات فى مياه المحيطات، جعل هذه المحيطات (صحارى فطرية).

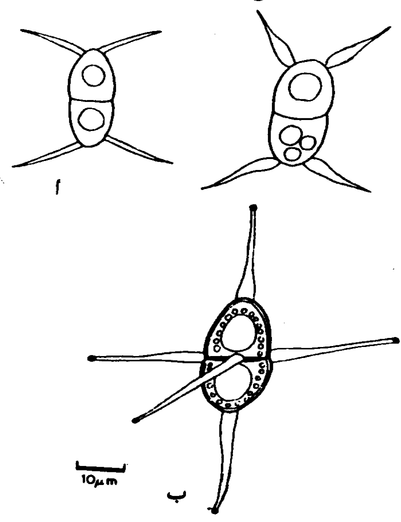
وبالإضافة إلى ما سبق، فإن التركيز المرتفع مـن ملـح كلوريـد الصوديـوم يعمـل على زيادة الضغط الأسموزى فى مياه المحيـط، وهـذا يـؤدى إلى سـحب المـاء مـن خلايـا الكـائن الحـى – خاصـة ذى الجـدار الخلـوى الرقيـق – فتتبلـزم الخلايـا وتموت. وأيضا يتأين ملح كلوريد الصوديوم الذائب فى الماء إلى أيونـى الصوديـوم والكوريد، وكلاهما سام لعديد من العمليات الحيوية التى تتم فى خلايا الكائنـات الحية.

وكـم شـكك عديـد مـن البـاحثين فـى النشـاط الحيـوى للفطريـات فـى البيئـة البحرية، وأرجعوا شكهم هذا فى عدم قدرة الفطريات على البقـاء حيـة فـى هـذه البيئة نتيجة نقص الأكسوجين وزيادة نسبة الأملاح. وأرجع بعضهم تحلل المـواد العضوية فى مياه البحار والمحيطات إلى نشاط البكتيريا وليس الفطريات، واسـتمر ذلك الشك فى وجود فطريات فى مثل هذه البيئـة حتـى منتصف القرن التاسـع عشر.

وكم كان مثيرًا لدهشة علماء الأحياء والمشتغلين بعلوم الفطريات فى عام ١٩٤٤ اكتشاف وجود بعض أنواع الفطريات فى هذه المياه المالحة، والتى تمـيزت بقـدرة

غريبة على الاحتفاظ بحياتها وسط هذه الظروف، بل واستطاعت النمو والتكاثر والبقاء لأجيال طويلة متحملة جميع هذه المخاطر.

ولقد عزل الباحثون حوالى ٥٠٠ نوع من الفطريات البحرية، كان معظمها ناميا على الأخشاب الطافية على سطح الماء، وأيضا على الطحالب والأعشاب البحرية. وتميزت هذه الفطريات بتكوين جراثيم ذات زوائد تشبه الأذرع تساعدها على الطفو بالقرب من سطح الماء، وكذلك على التعلق بالأجسام الطافية مثل الأخشاب وأوراق الأشجار والمواد العضوية الأخرى، وعلى الريم الناتج من تصاعد فقاعات الهواء مكونا شكلا رغويا على سطح الماء.



شكل (٣٨) : جراثيم بعض الفطريات البحرية التى تنمو على كتل الخشب الطافية فوق سطح المحيطات.

(أ) الفطر ***Halosphaeria salina*** . (ب) الفطر ***Ceriosporopsis calyptrata*** .

ولكن كيف أمكن لهذه الفطريات التغلب على صعوبة الحياة فى المياه المالحة؟ إن ذلك يكمن فى الأسرار التى وضعها الله - سبحانه وتعالى - فى مثل هذه الأحياء الدقيقة لكى يمكنها الحياة وسط مياه البحار والمحيطات.

فلكى تستطيع الخيوط الهيفية للفطر امتصاص الماء من تلك المياه المالحة، والتى يقل فيها الضغط المائى، فإنها تحتاج إلى وجود تركيز عال للغاية من المواد الذائبة فى البروتوبلازم للمحافظة على ضغطها الأسموزى فى مجابهة ارتفاع الضغط الأسموزى فى الماء المالح، مما يعمل على مقاومة البلزمة.

ولقد لجأت هذه الفطريات إلى حيلة ذكية، حيث قامت بتكوين مواد تعمل على رفع الضغط الأسموزى وخفض الضغط المائى داخلها على شرط ألا تكون هذه المواد ضارة بالتمثيل الغذائى والتحولات الحيوية داخل خلايا الفطر. وكان الاختيار الأمثل هو تكوين بعض السكريات الكحولية مثل المانيتول والجليسرول فى البروتوبلازم.

ليس هذا فقط، بل قامت الأغشية السيتوبلازمية للفطريات النامية فى مياه المحيطات بالتحكم فى معدل دخول أيونات الصوديوم والكلوريد الضارة إلى داخل بروتوبلازم هيفات الفطر، ومن حسن الحظ أن هذه الأيونات السامة تجد طريقها إلى الفقاعات العصيرية حيث تخزن فيها، ومن ثم ينجو البروتوبلازم من أضرارها.

ومن العجيب أن بعض الفطريات البحرية قد تأقلمت فى نموها على وجود تركيزات عالية من ملح كلوريد الصوديوم فى البيئة التى تنمو فيها، حتى أصبح وجود هذا الملح بتركيز عال من العوامل الهامة اللازمة لنمو مثل هذه الفطريات، فإذا ما انخفض تركيز الملح قل نمو الفطر بدرجة ملحوظة.

ولكن ما هى مصادر تغذية هذه الفطريات؟

من المعروف أن الفطريات تحتاج فى غذائها إلى مواد عضوية، مثل الأخشاب الطافية التى تنجرف إلى البحار عن طريق الأنهار والنشاط الإنسانى، وأيضًا

الطحالب والأعشاب البحرية التى تجد فيها الفطريات مصدرًا هامًا لغذائها. وقد تحصل هذه الفطريات على جزء من غذائها من الحيوانات البحرية والأسماك.

ولذلك تنتشر الفطريات البحرية بالقرب من سطح المحيط، حيث تجد ما تحتاج إليه من مواد عضوية تتغذى عليها. وحيث أن هذه المواد العضوية تتقاذفها الأمواج عادة وتحملها ناحية الشاطئ، فعادة ما يزداد وجود هذه الفطريات بالقرب من شواطئ البحار والمحيطات، بينما يعتبر مركز المحيط صحراء فطرية.

كما تلعب بعض الفطريات البحرية دورًا هامًا فى تلف الحبال المجدولة المستعملة فى القوارب الشراعية، وأيضًا فى تحليل أنسجة الأقمشة المستخدمة فى صناعة الشراع. وتنمو الخيوط الفطرية على هذه المواد - التى تصنع عادة من الجوت والكتان - وتكوّن عليها جراثيم داكنة اللون، مما يسبب ظهور بقع داكنة على تلك الحبال والأشرع.

ويؤدى نمو مثل هذه الفطريات إلى تحلل ألياف الحبال وأقمشة الأشرع، وزيادة تشربها للماء المالح وفقد قوتها وتحملها للشد. كما يتعرض القماش المستخدم فى صناعة خيام المعسكرات وأكياس الرمال وشباك صيد السمك إلى هجوم مثل هذه الفطريات البحرية.

ولقد عمدت الشركات المنتجة إلى معاملة هذه الخيوط والأنسجة ببعض المطهرات الفطرية أثناء تصنيعها، مثل محلول نافثينات النحاس، إلا أن ذلك لم يمنع ضرر الفطريات البحرية.

ومن ناحية أخرى تنتشر الفطريات البحرية إلى أعماق سحيقة فى مياه المحيط، تصل إلى أكثر من خمسة آلاف متر، متحملة فى ذلك الضغط العالى ودرجات الحرارة المنخفضة وسط ظلام حالك، وأيضًا قلة المادة العضوية التى تتغذى عليها.

وعلى الرغم من قلة أعداد وأنواع الفطريات التى تعيش فى مياه البحار والمحيطات، إلا أنها تلعب دورًا هامًا فى تحديد انتشار أسراب الأسماك فى

مناطق تجمعها. فعلى سبيل المثال يصاب سمك السردين ببعض الفطريات البحرية المرضة له، حيث تنمو خيوط الفطر الهيفية فى أحشاء وعضلات الأسماك المصابة عند اشتداد العدوى، مما يؤدى فى النهاية إلى موت هذه الأسماك.

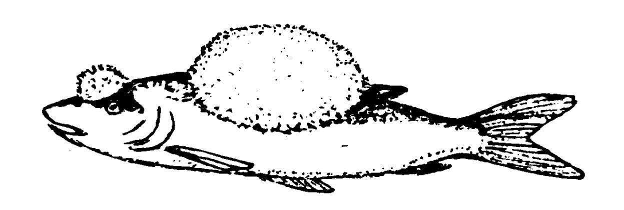
ولا تقتصر إصابة الفطريات البحرية للأسماك فقط، ولكنها تصيب أيضًا بيض ويرقات بعض الحيوانات البحرية اللافقارية، مثل نوع من المحار يوجد فى مياه سواحل غرب أوربا، حيث يعمل الفطر على تحليل البروتين القرنى المكوّن للصدفة لكى يحصل على احتياجاته الغذائية، مما يؤدى إلى ثقب الصدفة.

ويؤدى نمو مثل هذه الفطريات المرضة على الحيوانات الصدفية إلى الإضرار بالأنسجة الحية، خاصة عندما تصل هيفات الفطر إلى السطح الداخلى للصدفة، حيث تتهيج الأنسجة الداخلية فيقوم الحيوان المصاب بإفراز مزيد من البروتين القرنى حول منطقة العدوى، مما يزيد من نمو الفطر المتطفل. وتؤدى الإصابة الشديدة إلى تشوه شكل الأصداف المصابة وموت الحيوان.

كما تتطفل بعض فطريات الخمائر البحرية على جمبرى المياه المالحة، فتقضى على تجمعاته مسببة خسائر اقتصادية كبيرة. وهكذا تلعب هذه الفطريات البحرية دورًا هامًا فى بيئتها، متغلبة على ظروف ارتفاع ملوحة مياه البحار والمحيطات، وعلى الأيونات السامة والضغط الأسموزى العالى، مؤثرة فى اقتصاديات الإنسان.

وتلعب الفطريات دورًا هامًا فى حيوية أسماك الزينة المرباة فى الأحواض الزجاجية، والتى يحتفظ بها الكثيرون منا فى منازلهم كقطعة من ديكون جميل ينبض بالحياة. والماء المستعمل فى هذه الحالة يكون ماء عذبًا (ماء صنبور)، لذا لا تعانى أسماك الزينة من مشاكل الملوحة السابق الإشارة إليها، ولكنها تصادف الفطريات المرضة فى بعض الحالات.

ويهاجم الفطر الأسماك – فى هذه الحالة – خلال جروح الجلد، وأيضًا خلال فتحات الخياشيم والفم والعيون، وعند اشتداد العدوى يخترق الفطر الأنسجة العضلية. وتستقر الخيوط الهيفية فى التجويف الأنفى للأسماك – خلال فصل الشتاء – على صورة حزمة من الخيوط تتدلى من فتحة الأنف.



شكل (٣٩) : سمكة مصابة بأحد الفطريات الممرضة.

لاحظ نمو الخيوط الهيفية الفطرية فى كتلة زغبية على رأس وظهر السمكة المصابة.

ويزداد نمو هذه الخيوط الهيفية بعد انتهاء فصل الشتاء، ثم تهاجم جسم السمكة، فتظهر عليها خصل من خيوط هيفية بيضاء متفرعة. وقد تتعلق بعض الشوائب العالقة بالماء فى الوعاء الزجاجى بهذه الخيوط، مما يعطيها لونا رماديا قذرا.

وتؤدى إصابة أسماك الزينة المرباة داخل الأحواض الزجاجية بهذا الفطر المعرض إلى أن تصاب عيونها أيضًا، فتفقد بصرها وتكف عن التغذية ثم تموت بعد ذلك.

وقد تظهر مثل هذه الإصابات الفطرية على الأسماك المرباة صناعيًا فى مزارع الأسماك وذلك عن طريق الجروح المفتوحة فى جسم السمكة. كما أن أى خدش فى جلد السمكة، أو الإصابة بأى طفيل خارجى يؤدى إلى دخول خيوط الفطر الهيفية داخل جسم السمكة.

وكلما كان جسم السمكة ضعيفًا، زاد نمو الفطر المتطفل عليها، بينما يحتاج الأمر إلى أسابيع طويلة لكى يستطيع نفس الفطر مهاجمة جسم سمكة سليمة وقوية. وتزداد الإصابة كلما انخفضت درجة الحرارة، كما تصبح الأسماك أكثر حساسية للعدوى بالفطر المتطفل فى وقت التناسل.

وحيث أن إصابة الفطريات المرضة لأسماك الزينة التى يربيها الهواة فى الأحواض الزجاجية تسبب مشاكل لا حصر لها، فإنه يتبع عادة اتخاذ بعض الاحتياطات التى من شأنها حماية هذه الأسماك من العدوى بالفطريات المرضة.

وأهم هذه الاحتياطات وضع قطع من الأحجار الجيرية فى قاع حوض التربية لتجنب قلوية الماء، حيث تؤدى زيادة القلوية إلى تآكل الطبقة الهلامية التى تحيط بجسم السمكة، مما يجعلها أكثر قابلية للإصابة بالفطر المرض.

وهناك أنواع أخرى من الفطريات المرضة التى تهاجم الأسماك التى تعيش فى مياه الأنهار، مثال ذلك أسماك الكارب والسمك الذهبى وسمك أبى شوكة حيث تهاجم هذه الفطريات خياشيم السمك وتحللها.

ويؤدى تحلل خياشيم السمك بفعل هذه الفطريات المرضة إلى شعور هذه الأسماك المصابة بالاختناق، وعدم حصولها على كفايتها من غاز الأكسوجين، فتتجه إلى سطح الماء وتطفو بالقرب منه، ثم تتوقف بعد فترة عن التغذية.

وهكذا تلعب الفطريات المرضة للأسماك دورًا فعالاً فى الثروة السمكية سواء فى البحار والمحيطات، أو الأنهار والجداول، أو البحيرات المفتوحة أو المقفولة، وكذلك فى المزارع السمكية وأحواض السمك الزجاجية التى يربى فيها الهواة أسماك الزينة ذات الأشكال والألوان البديعة.

١٤ – حشرات تزرع الفطريات

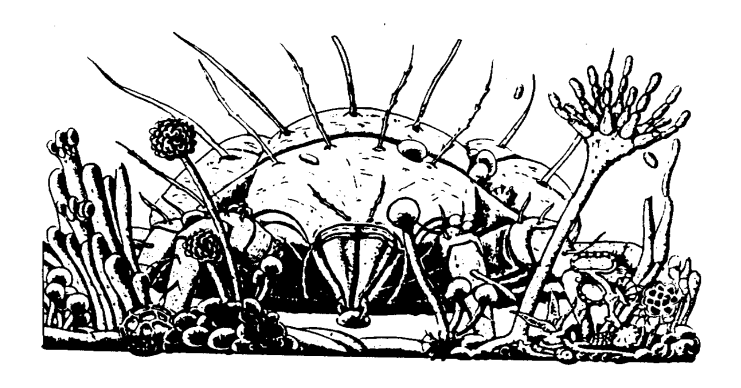
تعود نشأة الفطريات على الأرض قبل ظهور الحشرات بوقت طويل، فلا عجب إذًا أن تقوم تلك الحشرات البدائية – فى مستهل حياتها – بالبحث عما تأكله وسط المخلفات النباتية المتعفنة بفعل الفطريات. وهكذا وجدت الفطريات طريقها إلى داخل الجهاز الهضمى للحشرات، فهضم بعضها، واستقر البعض الآخر مكونًا نوعًا من العلاقة المفيدة مع تلك الحشرات.

ولقد لعبت الحشرات دورًا بارزًا فى حياة الإنسان منذ أقدم العصور، ففى الوقت الذى استفاد فيه الإنسان من عسل النحل، وحرير ديدان القز، عانى من أضرار النمل والنمل الأبيض (الأرضة) وخنافس القلف التى تحفر فى جذوع الأشجار وتدمرها.

واعتمدت بعض الحشرات – بدورها – على أنواع معينة من الفطريات فى توفير ما تحتاج إليه من غذاء يصلح لها ولأجيالها من بعدها، حيث أن مثل هذه الحشرات تتغذى على مواد نباتية معقدة فقيرة فى محتواها من النتروجين، وتحتوى على قليل من الفيتامينات. وعند إنماء هذه الفطريات وتغذية الحشرات عليها، تحصل الحشرات على جميع احتياجاتها الغذائية منها.

وهكذا اعتمدت بعض الحشرات على فطريات معينة فى غذائها، فحملت تلك الحشرات فطرياتها داخل تراكيب معينة داخل جسمها، وقامت بزراعتها والاهتمام بها حتى تجد ما تتغذى عليه هى وأبناؤها من بعدها، وإلا كان الهلاك جوعًا هو مصيرها المحتوم.

ولقد عرفت المستعمرات الفطرية التى تزرعها الحشرات باسم (الحدائق الفطرية) وأطلق على الحشرات التى تزرعها وتهتم بها وتعتمد عليها فى غذائها بأنها (حشرات مهنتها الزراعة)، وبالتالى فإن تلك الحشرات كانت أول بستانى فى التاريخ، وكان لها السبق فى تعلم الزراعة قبل أن يتعلمها الإنسان بملايين السنين.



شكل (٤٠) : رسم تخيلي يمثل إحدى الحشرات داخل حديقة فطرية تتناول جرثومة فطرية كوجبة شهية.

ويعتبر النمل الأبيض (الأرضة) من الجنس *Macrotermes* من أكثر الأمثلة المعروفة، حيث يزرع أنواعًا من فطريات عيش الغراب يتغذى عليها، ولا يعرف غذاء آخر سواها.

وتنتشر حشرات النمل الأبيض في جميع أنحاء العالم تقريبًا، خاصة في المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية، حيث تعيش داخل مستعمرات في حياة اجتماعية عالية التطور. وهي حشرات حذرة تتحرك داخل أنفاق طول حياتها، إلا أنها تظهر على سطح الأرض خلال فترات التناسل والبحث عن مستعمرات جديدة.

والنمل الأبيض من الحشرات المتخصصة في الاغتذاء على السيليلوز، وهو المركب الغالب في النظم البيئية الموجودة على اليابسة، وعلى ذلك فإن جزءا كبيرا من الطاقة المخزنة في صورة مركبات عضوية نباتية يقع في متناول هذه الحشرات.

ولا تتعرض أخشاب الأشجار الحية عادة لهجوم هذه الحشرات، ولكنها تهاجم الخشب الأصم والهالك، وأفرع الأشجار وأوراقها وكذلك البذور والدبال والمنتجات الخشبية وأعمدة التليفونات وفلنكات السكك الحديدية والمنازل الخشبية، وجميع المنشآت الخشبية التي يصنعها البشر يخربها النمل الأبيض تخريبًا بربريًا مدمرًا.

وعلى الرغم من ذلك لا تستطيع حشرات النمل الأبيض من الجنس *Macrotermes* الاستفادة من تلك المواد الخشبية النباتية، فهى لا تستطيع هضم السيليلوز لذلك تعتمد هذه الحشرات على زراعة بعض أنواع فطريات عيش الغراب التى تنمو محللة تلك المواد السيليلوزية الصعبة إلى مواد بسيطة يتغذى عليها - وأيضًا على النموات الفطرية ذات القيمة الغذائية العالية.

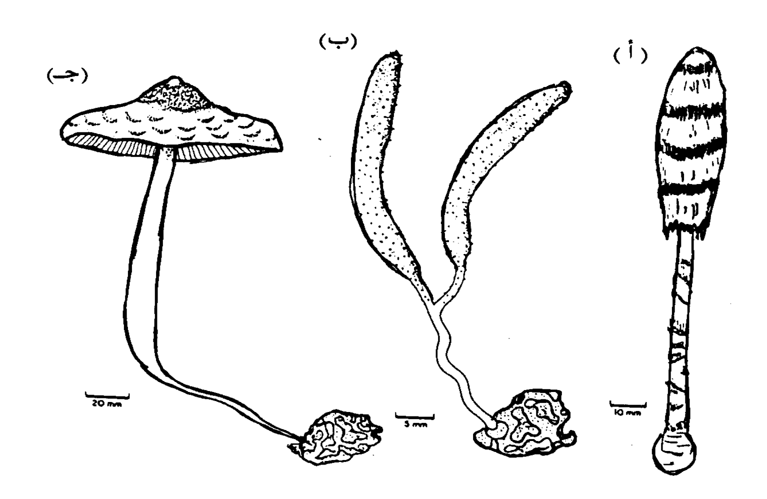
ولكن كيف تزرع حشرات النمل الأبيض فطريات عيش الغراب؟ وكيف تفتق ذهنها البدائى عن هذه الفكرة الرائعة؟ إن ذلك يتطلب منا مراقبة هذه الحشرات الحذرة، والتعرف على نشاطها فى البيئة من حولنا.

وتقع مسئولية زراعة الفطر على شغالات النمل الأبيض، التى تسعى لجمع الأجزاء النباتية الملقاة على سطح الأرض، أو تمزق بفكوكها القوية ألياف الأخشاب التى يصنع منها الإنسان أدواته أو منشآته، ثم تعود بها هذه الشغالات إلى جحورها، ثم تمضغها وتزرع عليها فطر عيش الغراب فى أقراص إسفنجية القوام تشبه قرص العسل.

وتنمو الخيوط الهيفية لفطر عيش الغراب (عادة من الجنس *Termitomyces*) على هذه الأقراص الإسفنجية، مكونًا عديدا من الكريات الصغيرة التى يتراوح قطرها بين نصف ملليمتر ومليمترين اثنين، حيث تتغذى حشرات النمل الأبيض على هذه الأقراص بصورة دائمة، وتزرع غيرها للتغذية عليه عندما تنضج.

وتتغذى جميع أفراد مستعمرة النمل الأبيض على هذه الأقراص الإسفنجية، والتى تنمو عليها الهيفات الفطرية عالية القيمة الغذائية، والتى تحتوى على المواد المشجعة لنمو هذه الحشرات. وتعمل النموات الفطرية على تحليل السيليلوز وتحويله إلى مواد بسيطة يسهل للنمل الأبيض هضمها والاستفادة منها.

ومن العجيب أن فطر عيش الغراب الذى يزرعه النمل الأبيض علىٰ الأقراص الإسفنجية لا يكون ثمارًا إلا إذا هجر النمل الأبيض جحوره، وكف عن التغذية على النموات الفطرية، عندئذ يكون لدى الفطر الوقت الكافى لاستكمال نموه وتكوين الثمار كبيرة الحجم، والتى تتكون عادة فى بداية الفصل الممطر.



شكل (٤١) : ثمار بعض أنواع فطريات عيش الغراب التى يزرعها النمل الأبيض فى جحوره وأبراجه العالية.

(أ) الفطر *Podaxis pistillaris* .

(ب) الفطر *Xylaria termitum* .

(جـ) الفطر *Termitomyces robustus* .

وتنتشر حشرات النمل الأبيض التى تزرع فطريات عيش الغراب فى بعض الدول الإفريقية، مثل نيجيريا، حيث ينتظر الأهالى هناك هطول الأمطار التى تجبر النمل الأبيض على ترك جحوره، فتظهر بعد مدة قصيرة ثمار عيش الغراب كبيرة الحجم، ذات القيمة الغذائية العالية، حيث يجمعها الأهالى ويعرضونها للبيع على جانبى الطرق أو فى الأسواق المحلية، حيث يقبل عليها الأوربيون هناك لطعمها اللذيذ وقيمتها الغذائية العالية.

وتنتشر فى زامبيا أنواع أخرى من فطريات عيش الغراب التى يزرعها النمل الأبيض فى أبراج عالية. ومن العجيب أن أحد أنواع عيش الغراب (وهو الفطر *Termitomyces titanicus*) يكوّن ثمارًا عملاقة يصل قطر قبعتها إلى أكثر من متر، وهو من الأنواع شهية الطعم، وتكفى ثمرة واحدة منه لتغذية أسرة كاملة لعدة أيام!

وكذلك الحال فى جمهورية أفريقيا الوسطى، حيث تنتشر أنواع أخرى من فطريات عيش الغراب التى يزرعها النمل الأبيض، تتميز بأنها تتكون فى مجموعات تخرج من مستعمرات النمل.

وكما أسلفنا القول، تعتمد حشرات النمل الأبيض فى تغذيتها على فطريات عيش الغراب التى تزرعها على المواد السيليلوزية فى الأقراص الإسفنجية، والتى تقوم شغالات النمل بتجهيزها من الأجزاء النباتية التى تقوم بجمعها.

ولا تدخر هذه الشغالات جهدًا فى تدمير الخشب الخام والمنتجات الخشبية، وبذلك تعتبر هذه الحشرات آفات مدمرة للغابات فى كثير من الدول الأفريقية، مثل زامبيا ونيجيريا وغيرها، بينما يلعب النمل الأبيض دورًا محدودًا فى بلاد شمال أفريقيا.

وتعتبر مكافحة النمل الأبيض مكلفة للغاية، والبديل الأقل تكلفة هو مكافحة فطريات عيش الغراب التى تعتمد عليها هذه الحشرات فى غذائها وذلك

باستعمال المطهرات الفطرية، فإذا مات الفطر فشلت الحشرة فى العثور على غذاء صالح لتغذيتها وماتت جوعًا.

ولقد اهتمت كثير من المنظمات العالميـة بتقديم يـد المساعدة إلى بعض الدول الأفريقية التى تعانى من مشاكل النمل الأبيض وآثاره المخربة للاقتصـاد القومى، إلا أن تلك البرامج التى تهدف إبادة حشرات النمل الأبيض قضت فى نفس الوقت على ثمار عيش الغراب التى يعتمد عليها الأهالى هناك فى غذائهم ويعتبرونها غذاءً شعبيًا عالى القيمة الغذائية.

وعلى ذلك، فإن الأبحاث الحديثة تبحث عن وسيلة لزراعة هذه الأنواع الاقتصادية من عيش الغراب بطريقة صناعية دون الحاجة إلى وجود حشرات النمل الأبيض، إلا أن ذلك لم يتحقق بعد، وما زالت أسرار زراعة هذه الأنواع من عيش الغراب مجهولة لنا، ولن يبوح النمل الأبيض بهذا السر لأحد.

١٥ – فطريات.. ممرضة للنبات

كانت الإمبراطورية الرومانية فى عز مجدها، يوم وقف المزارعون فى الحقول القريبة من روما وهم يشاهدون نباتات القمح وقد علت أوراقها بثرات بلون صدأ الحديد، تضعف النبات وتقلل من إنتاجه. ولقد عزا علماؤهم – حينذاك – هذه الأعراض إلى الصقيع، بينما زعم البعض أن ذلك يرجع إلى تأثير حرارة الشمس على نقط الندى التى تنتشر على سطح النبات فى الصباح المبكر.

وفى ذلك الوقت، انتشرت عبادة آلهة مختلفة – من دون اللّه – فى هذه الإمبراطورية، لذلك لم يجد هؤلاء المزارعون حرجًا من أن يتخذوا من بين هذه الآلهة المتعددة – حسب زعمهم – إلهين مسئولين عن إصابة نباتات القمح بهذه الأعراض التى تشبه الصدأ، والتى عرفت فيما بينهم باسم صدأ القمح.

وهكذا حرص المزارعون الرومان – حينذاك – على تقديس الإلهين «روبيجاس Robigas» و «روبيجو Robigo» ، وتقديم القرابين لهما حتى يمنحاهما البركة، ويمنعا عنهم شر مرض الصدأ الذى يفتك بنباتاتهم. وتعودوا أن يقيموا احتفالات دينية خاصة أطلقوا عليها اسم (روبيجاليا Robigalia)، لاسترضاء هذين الإلهين.

وربما كان قدماء الرومان مولعين بإقامة الاحتفالات، وأنهم انتهزوا فرصة إصابة نباتاتهم بهذه البثرات الصدئة لإقامة احتفال ما فى وقت من السنة كان يخلو من الاحتفالات. ولكن – على أية حال – لم تؤد احتفالاتهم ولا قرابينهم إلى حماية نباتات القمح من المرض ولا إلى زيادة المحصول.

ولم تكن هذه القصة هى الوحيدة التى يمكن ذكرها عن مشاكل الفطريات الممرضة للنبات، حيث أن هذه الفطريات لازمت الإنسان مع بداية التاريخ، منذ أن تعلم الزراعة وشاهد النباتات التى يزرعها ويتعب فى ريها ورعايتها، تذبل أمامه ويصيبها الوهن، وتظهر عليها أعراض تغير من شكلها ولونها، ثم سرعان ما تموت.

ولقد ذكر فى الكتب السماوية أنه حدث قحط فى مصر استمر سبع سنين عجاف، أصيبت خلالها محاصيل الحبوب بالأمراض والحشرات التى قضت عليها. ولقد ذكرت أمراض البياض واللفحة والجراد فى بعض هذه الكتب المقدسة، وساد الاعتقاد بأن هذه الآفات إنما هى عقاب من اللّه - سبحانه وتعالى - للناس بسبب خطاياهم.

وذكر الفيلسوف اليونانى أرسطو Aristole (٣٨٤ - ٣٢٢ قبل الميلاد) أمراض العنب والتين والزيتون، وبعد ذلك بسنوات قليلة (٣٠٠ قبل الميلاد) نشر «ثيوفراستس Theofrastus» - وهو من تلامذة أرسطو، وأول عالم نبات - كتابه (تاريخ النبات)، ذكر فيه أمراض الزيتون والعنب والمحاصيل النجيلية، وأوضح أنها كانت شديدة الوطأة فى مزارع اليونان.

واستمر فتك الفطريات المرضة للنبات بالمحاصيل الزراعية فى أوائل العصور الوسطى، واستتبع ذلك أضرارًا لا حصر لها للمزارعين بصفة خاصة، وباقى المواطنين بصفة عامة. وتتبع الأدب ذلك، حيث ذكر الشاعر الإنجليزى «شاكسبير» فى أحد مؤلفاته عام ١٦٠٥ بياض القمح وغيره من الأمراض.

وإذا عادت عقاب الساعة إلى عام ١٨٤٥، وتوجهنا إلى ايرلندا، لوجدنا أن أحد الفطريات المرضة للنبات قد أثار الخراب والدمار فى حقول البطاطس هناك، وهى تمثل الثروة القومية للبلاد، والطعام الأساسى لشعبها.

وكانت النباتات الخضراء تنمو بلونها الأخضر الجميل تحت أشعة الشمس الذهبية كعادتها كل عام، ووقف المزارعون يتأملون ما زرعوه، وهم ينتظرون وقت الحصاد بصبر فارغ، مترقبين الدرنات التى تخرج من تحت الأرض، والتى تعود عليهم بالخير الوفير.

ولكن فى هذا العام حدث حادث جلل، فلقد دب الإصفرار فى الأوراق الخضراء، تحول بعدها لونها إلى اللون البنى، وخلال أسبوع واحد تحولت المساحات الخضراء الشاسعة فى الحقول إلى لون بنى بفعل مخرب شرير،

ـنما انقضت صاعقة من السماء على تلك الحقول الخضراء، فحرقت الأوراق والسيقان، وأحلت الخراب والدمار فى محصول البطاطس.

واجتاحت ايرلندا فى هذه السنة فترة رهيبة ومحنة قاتمة، استنجد الناس فيها بالناس، ولم يجدوا ما يأكلونه فقرصهم الجوع، ومات حوالى مليون نسمة بين جائع ومريض.

وتسببت هذه المجاعة فى هجرة حوالى مليون نسمة أخرى بأجسادهم الهزيلة، هاربين من الجوع والمرض، باحثين عن مكان آخر لعلهم يجدون فيه ما يسد رمقهم. ولقد تحرك هذا الفطر المخرب الشرير إلى دول أوربية أخرى يهلك محصولها من البطاطس ويشيع الخراب بين ربوعها.

لقد كانت أزمة مريرة، أزعجت الشعوب والحكومات، وقلبت الأوضاع، وحطمت القيم، واستدعى الأمر مرور عشر سنوات أخرى قبل أن يكتشف العالم أن هذا الذى سبب تلك المجاعات هو أحد الفطريات الممرضة للنبات، وأن هذا المرض هو الندوة المتأخرة الذى يسببه الفطر *Phytophthora infestans* .

وتوالى اكتشاف أمراض نباتية أخرى تسببها فطريات ممرضة، وهكذا كان بداية علم أمراض النبات الذى شارك فى تأسيسه علماء ودارسون وباحثون فى جميع أنحاء العالم، ومازال أمامهم الكثير ليحدوا من نشاط هذه الفطريات المدمرة للاقتصاد الزراعى الإنسانى.

وتكاد لا تترك الفطريات الممرضة للنبات جزءًا نباتيًا دون أن تصيبه، وقد تؤدى هذه الإصابة إلى استنزافه غذائيًا ثم موته فى النهاية. وفى جميع الحالات تؤثر مثل هذه الفطريات على العائد الاقتصادى للنبات تأثيرًا معنويًا، كميًا كان أم نوعيًا، حتى صارت هذه الفطريات خطرًا حقيقيًا يهدد الإنسان فى غذائه وملبسه.

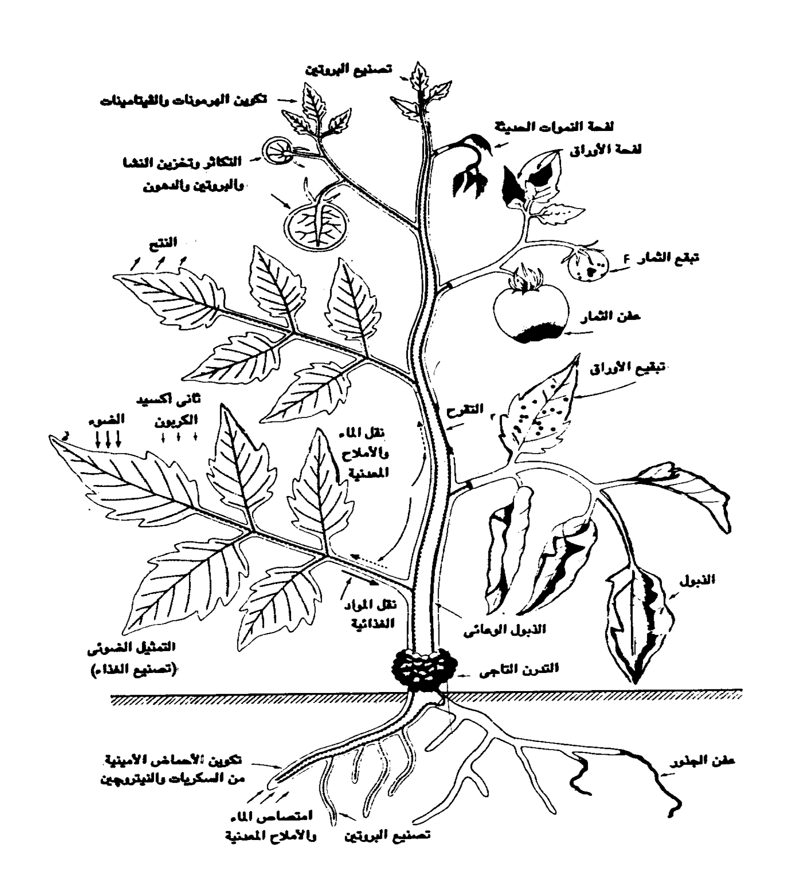
فالمجموع الخضرى للنبات، من سيقان وأوراق وأزهار وثمار، تصاب جميعها بأمراض التبقع واللفحة والعفن والذبول والتدرن والبياض والصدأ والتفحم وغيرها

من الأمراض الخطيرة، بينما يصاب الجذر بالأعفان والتقرحات المختلفة، مما يؤثر على امتصاص الماء والعناصر الغذائية من التربة، وتمثيلها ضوئيًا بعد ذلك.

وتتخصص بعض الفطريات الممرضة للنبات فى إصابة عوائل دون أخرى، بل وتصيب أعضاء نباتية محددة، ففطريات الصدأ والبياض لا تهاجم المجموع الجذرى للنبات، ولا تصاب النباتات البقولية كالفول والبرسيم والعدس بأمراض التفحم التى تشيع العدوى بها فى المحاصيل النجيلية كالقمح والشعير والذرة.

وتهدد الفطريات الممرضة عديدا من النباتات المنتجة للألياف التى يصنع منها الأنسجة، وتصيبها بأمراض فتاكة، مما يؤدى إلى خسائر اقتصادية فادحة. فالقطن يصاب بالذبول وعفن الجذور، بل تهاجم هذه الفطريات لوز القطن قبل تفتحه، مما ينتج عنه ألياف رديئة. وكذلك يصاب الكتان بالصدأ، مما يؤدى إلى تقطع أليافه الطويلة وانخفاض قيمتها التجارية.

وكذلك الحال فى أشجار الفاكهة، ومحاصيل الخضر، والنباتات الطبية والعطرية، ونباتات الزينة وزهور القطف، والمحاصيل الزيتية مثل عباد الشمس والقرطم والحبوب المخزونة، كلها تتعرض للعدوى بفطريات ممرضة، تهاجم أنسجة النبات بضراوة لتحصل منها على غذائها، دون أن تأخذ فى الاعتبار حقنا المشروع فيما زرعناه بأيدينا.



شكل (٤٢) : أهم مظاهر إصابة النبات بالفطريات الممرضة.

وعلى الرغم من التقدم العلمى فى مجال حماية النباتات الاقتصادية من الإصابة بالفطريات المرضة، والتوصل إلى إنتاج نباتات مقاومة عن طريق الهندسة الوراثية، إلا أن هذه الفطريات المرضة قابلت ذلك بتطوير سلالاتها، منتجة أفرادًا تستطيع التغلب على مقاومة النبات واستحكامات دفاعاته.

وفى منتصف هذا القرن، حسم الإنسان مشاكله مع تلك الفطريات المرضة للنبات، باستعماله مطهرات كيميائية قاتلة أو مثبطة لنمو هذه الفطريات، بل وأسرف فى استخدامها حتى لوث بها الهواء والتربة والمياه الجوفية، ووصل هذا التلوث الكيميائى إلى طعامنا وهدد صحتنا، والبيئة التى نعيش فيها نحن وغيرنا من الأحياء الأخرى.

وكانت هناك وقفة للإنسان مع نفسه، لكى يعيد فيها حساباته، ويحدد مصير الأرض التى نعيش عليها والتى وصل فيها التلوث إلى درجة تهدد ليس بفناء الجنس البشرى فقط ولكن بالحياة جميعها.

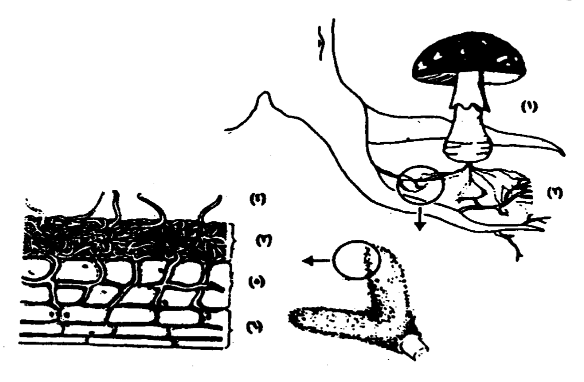
وأعاد الإنسان اكتشاف الفطريات المترممة، والتى يستطيع بعضها مكافحة الفطريات المرضة الأخرى مكافحة حيوية. وهكذا استغلت الفطريات ضد بعضها البعض عملاً بالمثل القائل «لا يفل الحديد إلا الحديد».

ليس هذا فقط، بل استخدمت أنواع من الفطريات غير المرضة للنبات فى حث نباتات معينة على مقاومة الإصابة ببعض الفطريات المرضة لها، وهذا عن طريق تغير التمثيل الغذائى لهذه النباتات، مما يزيد مقاومتها ويقلل من الفعل المرضى الضار للفطريات المرضة عليها.

كما أن بعض الفطريات التى تنمو حول جذور معظم النباتات مكونة نموات خيطية هيفية، تكون فى حالة تعاون فريدة معها، حيث يتبادلان معًا تبادل المنفعة. وفى مثل هذه الحالة ييسر الفطر للنبات حصوله على احتياجاته الغذائية من العناصر المعدنية الموجودة فى التربة كالفوسفور (فى صورة فوسفات)، كما تساعدها على النمو فى الأراضى الضعيفة، وأيضًا حمايتها من الإصابة بالأمراض الفطرية.

وهناك أنواع من هذه الفطريات التى تنمو حول جذور بعض الأشجار، متعاونة معها ومكونة هيفات فطرية تشبه الجـذور، يطلـق عليـها اسـم الجـذور الفطريـة. وتعمل هذه النموات الفطرية على تيسير حصول جذور الأشجار على احتياجاتـها المائية حتى فى المناطق شبه الجافة مـن العـالم، وكذلـك علـى امتصـاص الجـذور لعديد من العناصر المعدنية اللازمة للنمو كالفوسفور والبوتاسيوم والحديد، حتى لو كانت هذه العناصر موجودة فى صورة أملاح غير قابلة للذوبان فى الماء.

وبعض هذه الفطريات المكونة للجذور الفطرية تتبـع فطريـات عيـش الغـراب، حيث تكوّن أجسامًا ثمرية كبيرة الحجم، تظهر علـى شـكل ثمـار عيـش الغـراب المعروفة، وأيضًا على شكل قرون نتنة، وكرات نافخة، بينما يكوّن بعضـها ثمـارًا تحت سطح الأرض تعرف بالكمأة.



شكل (٤٣) : الجذور الفطرية الخارجية .

١ – تلامس هيفا الفطر مع جذور الأشجار.
٢ – تكاثف الخيوط الهيفية.
٣ – دخول هيفا الفطر داخل قشرة الجذر
٤ – غطاء فطرى خارجى.
٥ – طبقة البشرة للجذر.
٦ – طبقة القشرة للجذر.

وتحصل الفطريات المكونة للجذور الفطرية على احتياجاتها من المواد الكربوهيدراتية من جذور الأشجار التى تنمو حولها متبادلة معها المنفعة، بينما تمتد خيوط الفطر الهيفية متخللة حبيبات التربة لمسافات بعيدة تصل إلى عشرين مترًا بعيدًا عن جذور الأشجار، حيث تقوم هذه الخيوط الفطرية بوظيفة الشعيرات الجذرية الماصة ولكن بكفاءة تفوقها بمراحل.

وتبلغ قدرة امتصاص الجذور الفطرية للماء من مائة إلى ألف ضعف قدرة الشعيرات الجذرية فى جذور الأشجار، وهذا ييسر للأشجار الحصول على احتياجاتها من الماء والأملاح والمعادن اللازمة لنموها، حتى لو كانت التربة جافة وفقيرة فى محتوياتها الغذائية.

ولقد تناول كثير من الباحثين استخدام مثل هذه الفطريات فى استزراع المناطق الجرداء ذات التربة الفقيرة. ونذكر هنا أحد الأمثلة النموذجية التى قام بها واحد من أفضل الباحثين فى هذا المجال، وهو العالم الأمريكى «دونالد ماركس» الأستاذ بقسم الزراعة الأمريكية – معمل علوم الغابات بولاية جورجيا.

وحصل هذا العالم الجليل على جائزة ماركس فالنبرج عام ١٩٩١، والتى تمنح من ملك السويد شخصيًا فى مجال تشجير المناطق القاحلة من العالم، وكان الفطر المستخدم هو أحد فطريات عيش الغراب المكونة لأجسام ثمرية تشبه الكرات النافخة (*Pisolithus tinctorius*) .

واتبعت هذه الوسيلة فى زراعة أشجار الصنوبر فى أراض قاحلة تكثر فيها المعادن السامة حيث كانت مناجم قديمة فى ولاية أوهايو بالولايات المتحدة. ثم تعددت الولايات التى سلكت نفس الأسلوب فى تشجير أراضيها، كما هو الحال فى ولاية فرجينيا.

ولتحقيق مزيد من النجاح، تعاونت وزارة الزراعة الأمريكية مع بعض الشركات الزراعية الخاصة لإنتاج لقاح الفطر السابق استخدامه، بحيث يسهل

تداوله فى عبوات تحتفظ بحيويته لفـترة كافيـة. ثـم تطـور الأمـر بإنتـاج أقـراص وكبسولات من بذور الأشجار التى تحتوى على جراثيم الفطر المرغوب.

والآن تنتج هذه الشركات الزراعية ماكينات مصممة بطريقـة تتيـح لهـا إضافـة اللقاح الفطرى فى خطوط زراعة شتلات الأشجار بالعمق المطلوب، وذلك للوصـول إلى أفضل النتائج وباستعمال أقل كمية من الفطـر، مـع توفـير الوقـت والمجـهود. وهكذا أمكن زراعة غابات صناعية فى مناطق ذات تربة ملوثـة، ممـا سـاعد علـى حماية البيئة وتحسينها إلى مستوى يليق بحياة أفضل للإنسانية.

١٦ – أمراض للإنسان.. تسببها الفطريات

هل يمكن أن تكون بعض الفطريات عبئًا ثقيلاً على جسم الإنسان مسببة لأعضائه أمراضًا خطيرة؟

ربما قد يتبادر إلى الذهن أن الفطريات لا تسبب أمراضًا للإنسان، أو قد تسبب بعض الأمراض الجلدية البسيطة مثل قوباء (تينيا) أصابع القدم، ولكن – فى الحقيقة – هناك فطريات خطيرة تكاد لا تترك موضعًا فى الجسم إلا ويمكنها إصابته.

فعلى سبيل المثال تهاجم بعض أنواع الفطريات التابعة للجنس *Microsporus* والجنس *Trichophyton* ، وكذلك الفطر *Epidermatophyton floccosum* الطبقة السطحية من الجلد، وكذلك الأظافر والشعر مسببًا تقيحات مؤلمة، لكنها – على أية حال – لا تؤثر على الصحة العامة للمريض.

وتكوّن هذه الفطريات خيوطًا هيفية وجراثيم مفصلية فى الجلد المصاب، ولكن عند عزلها وإنمائها على بيئات غذائية صناعية فإنها تنمو ببطء لتعطى مستعمرات كثيفة النمو، لا تلبث أن تكسوها نموات زغبية من هيفات الفطر، تتفرع إلى حوامل كونيدية تحمل كونيديات (جراثيم) صغيرة الحجم، كمثرية الشكل، ذات ألوان زاهية.

وتسبب الفطريات التابعة لهذه المجموعة أمراضًا مختلفة للإنسان، مثل مرض قوباء أصابع القدم (تينيا القدم)، وقوباء الرأس (القرع)، وقوباء الجسد، وقوباء الأظافر، وقوباء الذقن، بالإضافة إلى مرض الأذن الفطرى الذى يتسبب عن بعض أنواع الفطريات التابعة للجنسين *Penicillium* و *Aspergillus*.

ولا تصيب الأنواع المختلفة التابعة للجنس *Microsporus* سوى الشعر والجلد، حيث تتكون كتل من الجراثيم والنموات الفطرية حول قاعدة الشعرة، ثم تنمو هيفات الفطر تحت سطح الجلد مباشرة. وهناك أنواع أخرى من الفطريات تهاجم

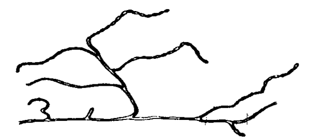
الطبقة تحت السطحية من الجلد، مثال ذلك تلك الأنواع التابعة للجنس *Basidiobolus* والجنس *Canidiobolus*.

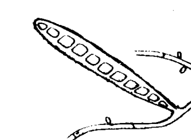
وتتميز الأنواع التابعة للجنس *Trichophyton* بأنها تصيب الشعر والجلد والأظافر، حيث تتكون على الشعر المصاب سلاسل من جراثيم مفصلية تنتظم فى صفوف متوازية داخل أو خارج الشعرة المصابة، بينما لا تصيب أنواع الجنس *Epidermophyton* الشعر، ولكنها تصيب الجلد والأظافر فقط.

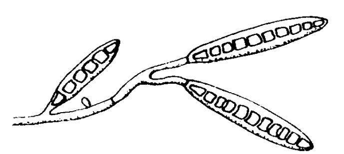
وتظهر أعراض الأمراض الفطرية السطحية غالبًا بوجود بثرات سطحية على الجلد، وكذلك على الأغشية المخاطية، حيث تحصل هذه الفطريات الممرضة على احتياجاتها الغذائية مما يوجد فى الخلايا الخارجية للبثرات. وتبدو الأعراض الخارجية على صورة حلقات متحدة المركز، ينتج عنها تقشرات فى الجلد.

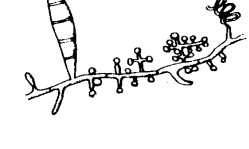
ومن أهم الأمراض الجلدية التى تسببها الفطريات مرض القراع، وهو ينتج عن إصابة فروة الرأس والشعر بأحد الفطريات التابعة للجنس *Trichophyton* والجنس *Microsporus*. وتظهر الأعراض على شكل بثرات حرشفية مصحوبة بأحمرار الجلد وسقوط الشعر. وقد تظهر طفحات جلدية عميقة ومتقيحة تشبه فى شكلها أقراص العسل، لذلك يعرف المرض باسم (القراع العسلى).

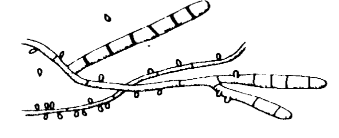
وتحدث الإصابة بمرض القراع خلال مرحلة الطفولة، ونادرًا ما يستمر بعد مرحلة البلوغ. وينتقل المرض بواسطة الجراثيم التى تنتشر من المصابين بالمرض، أو قد تلعب الحيوانات المنزلية كالقطط والكلاب أو حيوانات المزرعة مثل الماشية والخيول دورًا فى نقل العدوى. كما يمكن نقل جراثيم الفطر الممرض عند استعمال أمشاط الأشخاص المصابين بالمرض، وغير ذلك من أدوات الاستعمال الشخصى.

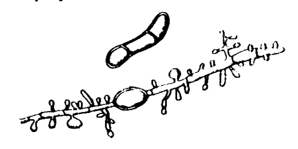


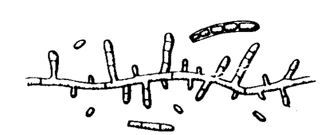


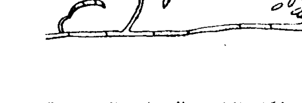




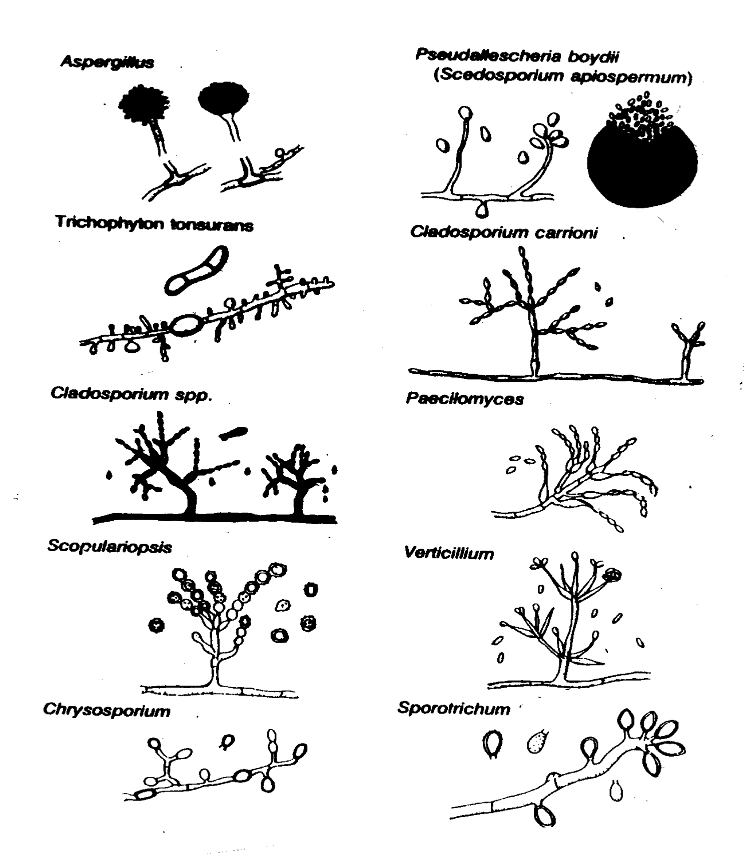








شكل (٤٤) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات الممرضة للإنسان،
والتى تكون كونيديات صغيرة وأخرى كبيرة الحجم.



شكل (٤٥) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات الممرضة للإنسان، والتى تكون كونيديات صغيرة الحجم فقط.

وهناك مجموعة أخرى من الفطريات المرضة للإنسان تتميز بقدرتها على إحداث أمراض داخلية، وهى خلال ذلك تبدو ظاهرة ثنائية التشكل. وفى هذه الظاهرة ينمو الفطر داخل جسم الإنسان - على درجة حرارة ٣٧° م - على صورة خلايا فردية متبرعمة تشبه فى شكلها خلايا الخميرة. ولكن عند عزل هذه الفطريات وتنميتها على بيئات غذائية مناسبة فإنها تعود إلى شكلها الخيطى الطبيعى، وتكوّن هيفات وحوامل كونيدية وكونيديات.

وتسبب هذه الفطريات عند مهاجمتها للأعضاء الداخلية للإنسان أضرارًا فادحة، قد تكون مميتة فى بعض الأحيان. ولا تكون الأمراض الفطرية الداخلية معدية - عادة - نظرًا لأن الوحدات الفطرية تكون صعبة الانتقال من الشخص المصاب إلى غيره من الأشخاص الأصحاء.

فعلى سبيل المثال تتخصص بعض الفطريات فى إصابة الجهاز التنفسى للإنسان نتيجة وجود جراثيمها فى الهواء، كما هو الحال فى الفطريات *Actinomyces israelii* و *Aspergillus fumigatus* و *Nocardia asteroides*.

ويتشابه إصابة الرئة بفطر *Aspergillus* مع أعراض مرض السل الرئوى، وذلك لأن هذا المرض يكون مصحوبًا بسعال وبصاق مخاطى مختلط - غالبًا - بالدم. وفى بعض الحالات لا تتأثر الحالة الصحية للمريض بالإصابة بالفطر الممرض، ولكن فى حالات أخرى قد يصاحب المرض حمى متقطعة وتسمم دموى، وهذا يسبب تدهور صحة المريض، وقد ينتهى الأمر بالوفاة.

ويتعرض الجهاز العصبى المركزى - أيضًا - للإصابة بالفطريات، مثال ذلك تلك الأنواع التابعة للجنس *Nocardia* ، مثل الفطريات *N.brasiliensis* و *N.asteroides* و *N.caviae* ، حيث يطلق على هذه المجموعة من الأمراض الفطرية nocardiosis.

وبالإضافة إلى ما سبق، تسبب أنواع مختلفة من الجنس *Aspergillus* أمراضًا للإنسان تعرف باسم aspergillosis . وتصيب هذه الفطريات - وأهمها

الفطر *A. fumigatus* – الرئة والجيوب الأنفية والأذن والعين، بالإضافة إلى الجلد والأغشية المخاطية.

كما تلعب بعض الفطريات الزيجية دورًا هامًا في عدوى الإنسان وإصابته بأمراض يطلق عليها اسم zygomycosis ، مثال ذلك بعض الأنواع التابعة للأجناس *Absidia* و *Rhizopus* و *Mucor* و *Rhizomucor* و *Canninghamella* و *Basidiobolus*. وتصيب هذه الفطريات الرئة والجيوب الأنفية والعين ، وقد يتعرض المخ – في بعض الحالات – للإصابة بها.

ويتعرض جسم الإنسان – أيضًا – للإصابة ببعض فطريات الخميرة المرضة، مثال ذلك الفطر *Cryptococcus neoformans* الذى يصيب الرئة والأغشية المخاطية، كما تصيب بعض سلالات هذا الفطر الدم الذى تظهر فيه خلايا الفطر المتبرعمة. كما يصيب هذا الفطر النخاع الشوكى وتنمو الخلايا فى السائل المحيط به.

وهكذا تسبب بعض الفطريات أمراضًا خطيرة للإنسان، قد تفتك به وتدمر أجهزته الداخلية، ولكن تقف الوسائل الدفاعية فى جسم الإنسان بالمرصاد لمواجهة هذه الفطريات الغازية، فتحد من خطورتها، وتوقف من نشاطها القاتل.

١٧ – الفطريات آكلات اللحـــوم..

اشتهرت بعض القبائل الهمجية القديمة بأكل لحوم البشر من أعدائـها، سـواء القتلى منهم أثناء الحرب، أو الأسرى. وربما شاهد بعضنـا أفلامًا تحكـى قصصًا وتعرض صورًا يشيب لهـا الولـدان.. ولكـن هـل يتصـور أحـد أن هنـاك فطريـات متوحشة تصيد فرائسها وتلتهمها حية؟.

إن تلك الفطريات آكلات اللحوم موجـودة تحـت أقدامنـا، حيـث تعيـش فـى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى فى عشائر متداخلـة وفـيرة العـدد. فمـن المعـروف أن الجـرام الواحـد مـن التربـة الخصبة يحتوى على عدة ملايين من هذه الأحياء، وهذا يجعل من المحتم وجود علاقات وطيدة بينها، قد يتحول إلى صراع صامت مميت فى بعض الأحيان.

ولكن ماذا تفترس هذه الفطريات المتوحشـة؟ ومـن هـم ضحاياهـا؟ إنـها بعـض الديدان الثعبانية دقيقة الحجم والتى تعرف باسم (النيماتودا).

وهذه (النيماتودا) حيوانات تعيش – هى الأخـرى – فـى التربـة وعلـى المـواد العضوية المتحللة شأنها فى ذلك شأن هذه الفطريات، وهى ذات جسـم إسـطوانى عديم الأطراف. وتتغـذى (النيمـاتودا) علـى مـا يحيـط بـها مـن مـواد عضويـة أو كائنات حية مثـل البكتريـا والفطريـات، فـهل أدى ذلـك إلى أن تقـوم الفطريـات بالدفاع عن نفسها وتهاجم – هى الأخرى – (النيمـاتودا) وتفترسـها عمـلاً بمبـدأ (السن بالسن والعين بالعين والبادئ أظلم)؟.

ولا يقتصر تغذية (النيماتودا) على المواد العضوية والأحياء الدقيقة فى التربـة، ولكن تتميز بعض أنواعها بوجود رمح فى مقدمتها يشبه الخنجر الحـاد، تـهاجم به جذور النباتات من حولها فتمزقها، وأحيانًا تغـرس هـذا الرمـح المجـوف فـى جذر النبات لتمتص العصارة الغذائية، ويسبب ذلك ضعفًا فـى نمـو هـذا النبـات ويقل إنتاجه، وقد ينتهى الأمر بموته. ولكن هذه (النيماتودا) المتطفلة على جـذور النباتات قد تصبح – بدورها – فريسة للفطريات المتوحشة آكلات اللحوم، وبذلك

تسدى هذه الفطريات المفترسة خدمة جليلة للإنسان، عن طريق مهاجمتــها لهــذه (النيماتودا) الضارة، لذا فهى تستحق منا كل تقدير.

وكان إختراع المجهر حدثًا جللاً جعل فى الإمكان مشاهدة هذا العالم الخفى، عالم الأحياء الدقيقة وما بينها من صراعات، قد تفوق تلـك الصراعـات والحـروب المدمرة التى تنشأ بيننا نحن البشر.

وكم كان مدهشًا رؤية النموات الخيطيــة الفطريــة (الهيفـات) لتلـك الفطريـات المفترسة نامية على سطح البيئة المغذية، وهــى تحمـل تراكيـب دقيقـة غايـة فــى البراعة والإتقان، يشبه بعضها أنشوطة راعى البقر الأمريكى الشهير، تحتال بــها على تلك الديدان الثعبانية الصغيرة التى تتجول فى التربة وعلــى المـواد العضويـة المتحللة ساعية وراء رزقها، فإذا بها تقع ضحية لهذا الفطر المخادع، وتصبح هذه (النيماتودا) فريسة سهلة داخل أنشوطة الفطر البارعة، فلا تستطيع منــه فكاكًـا، ولا تجد لنفسها خلاصًا.

وهكـذا تـدور رحــى حـرب ضـروس فــى التربـة، بصـورة غـير مرئيـة لعيوننـا المجردة، يتنافس فيها الجميع، وتســقط مـن بـين هـذه الأحيـاء الدقيقـة ضحايـا تصبح غنائم لأحياء أخرى، ولا تكف هذه الأحياء الدقيقة عن التطاحن والمبارزة، والذى يأكل اليوم يؤكل غدًا.

ولقد جذب دراسة هــذا الصـراع بـين الفطريـات المفترسـة آكـلات لحـوم تلـك الحيوانات الدودية الصغيرة إهتمام كثير مــن البـاحثين فــى شـتى أنحـاء العـالم، حيث ساد بينهم الاعتقاد بأن هذه الفطريات تكون مسالمة فى حالتــها الطبيعيـة، فإذا ما قل الغذاء توحشت، ونصبت شباكها القاتلة تصطاد بها (النيماتودا) التــى تتجول حولها، وبذلك تجد هى الأخرى ما تقتات به متغلبة على فقر البيئة التى تنمو عليها، وأيضًا محافظة على التوازن الحيوى لأحياء التربة الدقيقة.

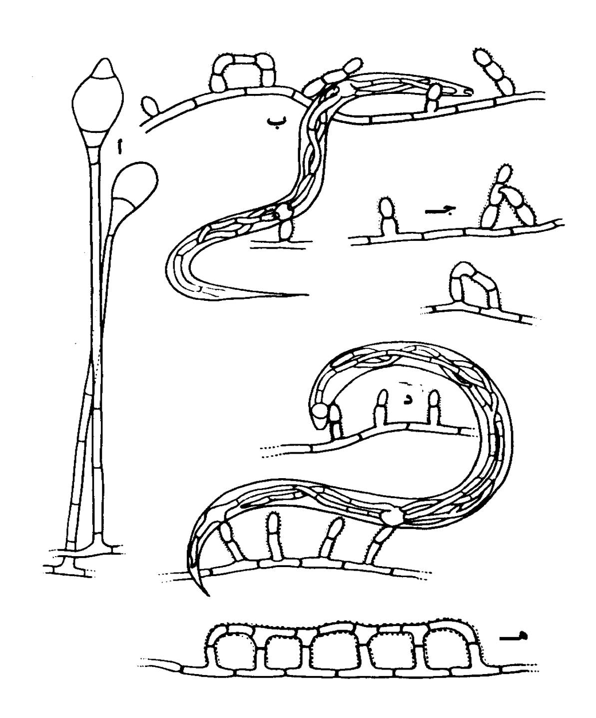
وتصنف الفطريات المتغذية على (النيماتودا) إلى قسمين: الأول يشمل الفطريات المفترسة التى تكون تراكيب متخصصة تشبه المصائد تقبض بها على ضحاياها من

(النيماتودا)، بينما يشمل القسم الثانى الفطريات التى تكـون جراثيم تنتشر فـى التربة مفرزة مواد تجذب (النيمـاتودا) إليـها لتبتلعـها، ثـم تنبت هـذه الجراثيـم داخل جسم (النيماتودا) وتفتك بها.

ولقد وهـب الله - سبحانه وتعـالى - تلك المجموعـة مـن الفطريـات المكونـة للمصائد قدرات لا حدود لها فى تكوين مختلف التراكيب العجيبـة التـى تقبض بها على (النيماتودا)، ذلك الحيـوان المتحـرك ذو العضـلات القويـة. ولعـل ذلـك يذكرنا بشباك العنكبوت دقيقـة الصنـع والتـى يحتـال بـها العنكبـوت لاصطيـاد ضحاياه من الحشرات الطائرة التى تفوقه حجمًـا ووزنًـا، ولكنـه - بفضـل الله - يفوقها فى الذكاء.

وتنمو هذه الفطريات المفترسة فى صورة خيـوط متفرعـة (هيفـات) مبعـثرة فـى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة، ولا تتكون التراكيب الصائدة (للنيمـاتودا) إلا فى وجودها، حيث تفرز (النيماتودا) مواد مشجعة يسيل لها لعاب الفطر المفترس فيكون مصائده استعدادًا لوجبة شهية من لحم (النيماتودا) اللذيذ.

وفى بعض الأحيان يكوّن الفطر أشـكالاً مختلفـة مـن المصـائد، فـإذا لم تنجـح واحدة فى اصطياد الفريسة المطلوبة، كانت المصيد التاليـة لهـا بالمرصـاد، وهكـذا يعمل الفطر الحكيم بمبدأ (من لم يمت بالسيف مـات بغـيره.. تعـددت الأسـباب والموت واحد).



(شكل ٤٦): الفروع اللاصقة للفطريات صائدة (النيماتودا).
(أ – جـ) الفطر *Dactylella cionopaga* .
(د – هـ) الفطر *Dactylella gephyropaga* .

ولكن ما هى الأشكال المختلفة لهذه المصائد الفطرية العجيبة؟.. إن الإجابة على ذلك يتطلب منا فحص النموات الخيطية الهيفية لهذه الفطريات المفترسة تحت المجهر، ويكفينا قوة تكبير بسيطة حتى نشاهد هذه التراكيب الرائعة التى تدل على ذكاء خارق وحكمة بالغة أودعها الله – سبحانه وتعالى – فى تلك المخلوقات الضئيلة .. الفطريات.

فعلى سبيل المثال، تكوّن بعض أنواع هذه الفطريات المفترسة خيوطًا هيفية لاصقة، تتميز بوجود مادة لزجة على سطحها يفرزها الفطر، فإذا لامست أحد أفراد (النيماتودا) الغافلة هذه الهيفات التصقت بها على الفور بقوة يصعب على (النيماتودا) التخلص منها.

وعندما تلتصق (النيماتودا) بجزء من الهيفا اللاصقة، تتفلطح هذه الهيفا على سطح (النيماتودا) لكى تزيد من إحكام قبضتها عليها. ولا تموت (النيماتودا) التى تم أسرها بسرعة، ولكنها تظل حية لفترة ما، تتحرك خلالها بقوة فى محاولات مستميتة للخلاص من هذه المصيدة ولكن دون جدوى. وبعد فترة تستنفد (النيماتودا) الأسيرة قواها، ويخور عزمها، وتستسلم لمصيرها المحتوم.

عندئذ يبدأ الفطر المفترس فى التهام لحم ضحيته على الفور، حيث يكون وتدا دقيقا يخترق جليد (النيماتودا)، ثم تنمو خيوط الفطر الهيفية داخل جسمها، مخترقة أنسجتها الداخلية ومحللة أحشاءها. وتقوم هذه الهيفات بامتصاص محتويات جسم الفريسة لذلك يطلق عليها اسم الهيفات الماصة للغذاء.

وبعد فترة من نمو الخيوط الفطرية داخل جسم (النيماتودا)، وامتصاصها لمحتوياتها الداخلية، يتحول جسم (النيماتودا) إلى كيس خال من المحتويات الداخلية. بينما يظل الجليد الخارجى دون أن يحلله الفطر، ربما ليظل شاهدًا على آثار المعركة، وإثارة الرعب فى قلوب (النيماتودا) الأخرى المتجولة حول ذلك الفطر آكل اللحوم.

وهناك فطريات مفترسة أخرى تكوّن على خيوطها فروعًا لاصقة، تتميز بأنها متفرعة من الهيفات العادية ولكنها قصيرة وقائمة. وقد تتشابه هذه الفروع

اللاصقة مع الهيفات اللاصقة السابق الإشارة إليها. بل أنه قد يصعب التفرقة بينهما عند الفحص المجهرى. إلا أن ذلك لا يهم الفطر المفترس فى شىء، فالهدف دائمًا واحد، هو اقتناص فرائسه من (النيماتودا).

وفى حالات كثيرة تتكون على هيفات الفطر أنواع مختلفة من هذه المصائد، ولقد أوضحت أحد الدراسات الحديثة أن بعض الفطريات المفترسة يمكنها أن تكون ٣٥ نوعًا مختلفًا من أنواع المصائد الفطرية المتخصصة فى اصطياد (النيماتودا)، فأى قوة تدميرية تتميز بها مثل هذه الفطريات المتوحشة التى تمتلك مثل هذه الترسانة من الأسلحة الفتاكة؟.

وربما يتساءل المرء عن الأشكال الأخرى لهذه المصائد الفطرية، وللإجابة على ذلك نتذكر صيادى الأسماك الذين يستعملون شباكهم فى الصيد، حيث أن بعض الفطريات المفترسة تستطيع أن تغزل من خيوطها الهيفية شباكًا حقيقية مغطاة بمادة لاصقة قوية تحتال بها على (النيماتودا) التى تتجول من حولها.

وتعتبر مثل هذه الشباك اللاصقة أكثر التراكيب الفطرية المتخصصة فى اصطياد (النيماتودا) شيوعًا وفتكًا بها. وتختلف هذه الشباك فى تركيبها، كما تتميز بقدرتها على اصطياد (النيماتودا) الصغيرة الحجم.

وعند نمو الخيوط الهيفية للفطريات المفترسة المكونة للشباك اللاصقة، فإنها تنمو فى شكل خطوط طولية تقطع طريق (النيماتودا) المتجولة حولها بحثًا عن غذائها، ثم تتكون على هذه الخيوط الهيفية شباك لاصقة تتوزع على طول هذه الهيفات، مكونة نظامًا فتاكًا لا تنجو منه أية (نيماتودا) شاردة أم واردة.

وتلتصق هذه الشباك الفطرية بجليد فرائسها (النيماتودية) بقوة، فإذا ما شعرت (النيماتودا) بما يعوق حركتها، حاولت – قدر استطاعتها – التخلص من التصاقها بتلك الشباك اللاصقة محاولة الهرب. وتؤدى محاولات (النيماتودا) المستمرة وحركاتها الإنفعالية إلى تلامسها مع عديد من هذه الشباك اللاصقة على طول جسمها، حيث تلتصق بها أيضًا مما يزيد من إحكام قبضة الفطر المفترس على فريسته.

وفى النهاية تتدهـور حالـة الفريسـة (النيماتوديـة)، وتصبـح عديمـة الحيلـة، وعندئذ يبدأ الفطر فى تكوين تراكيب دقيقة، يطلق عليها أوتاد العدوى، تخـترق جسم (النيماتودا) وتقتلها على الفور عن طريق إفراز مادة سامة (توكسين).

وعندما ينتهى الفطر المفترس مـن التغذيـة علـى فريسـته، فإنـه يتكـاثر مكونًـا جراثيم تحمل على حوامل طويلة تظهر على جسم الضحية. وتعمل هذه الجراثيـم عـل انتشـار الفطـر إلى أمـاكن أخـرى بعيـدة باحثًـا عـن مزيـد مـن الضحايـا مـن (النيماتودا) التى يتغذى عليها.

ومن العجيب أن مثل هـذه الشباك الفطريـة اللاصقـة تتخصـص فـى اصطيـاد (النيماتودا) دون غيرهـا مـن حيوانـات التربـة الصغـيرة الأخـرى مثـل الأميبـا أو البروتوزوا، وأيضًا لا يلتصق على سطحها أى من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى التى تهيم على وجهها فـى التربـة وتمـر مـن خـلال هـذه الشباك، وهـذا يؤكـد تخصص الفطر المفترس فى اختيار ضحاياه من (النيماتودا) التى يشتهى لحمها.

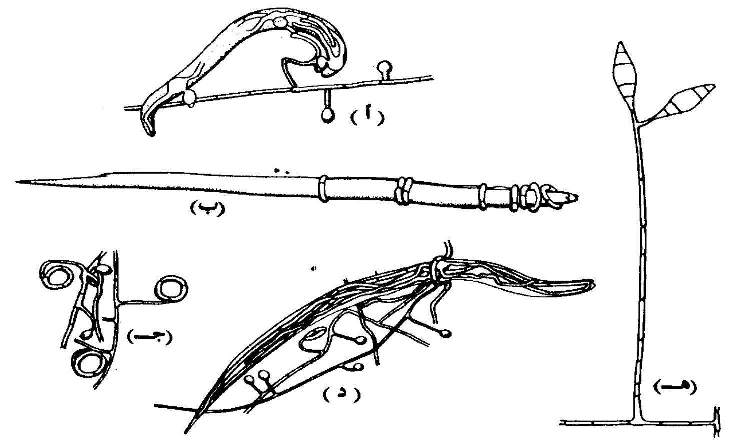
وبالإضافة إلى المصائد السابقة، تكون بعض الفطريـات المفترسـة أنواعًـا أخـرى من التراكيب المحكمة والمصائد البارعة، مثل الحلقات المنقبضة وغير المنقبضة.

وتظهر الحلقات غير المنقبضة على فروع قصيرة على جـانبى الخيـوط الهيفيـة لبعض أنواع الفطريات المتوحشة، حيث تعتبر هذه الحلقات سـلبية فـى أدائـها، يمكن لبعض أفراد (النيماتودا) الدخـول بجسـمها جزئيـا ثـم تنسـحب منـها مـرة أخرى دون أن تصاب بـأذى، بـل وتسـتطيع (النيمـاتودا) الصغـيرة ذات الجسـم النحيل المرور بسلام من خلاله حلقة الفطر.

وعلى الرغم من ذلك فـإن بعـض أفـراد (النيمـاتودا) تمـر بجسـمها مـن خـلال الحلقة، فإذا رغبت فى العودة مرة أخرى للخلف التفت الحلقـة حـول جسـمها، مما يصعـب مـن خـروج (النيمـاتودا). وقـد تعمـل الحركـات العضليـة الانفعاليـة للنيمـاتودا فـى محاولتـها المستميتة للخـروج مـن حلقـة الفطـر إلى زيـادة صعوبـة الموقف.

وفى حالات أخرى، تمر (النيماتودا) كبيرة الحجم من خلال الحلقة بجسمها المستدق من الأمام، حتى إذا ما وصلت إلى منتصف جسمها المكتنز باللحم انحشرت فى الحلقة، فلا تستطيع التقدم أو العودة مرة أخرى، وبذلك تكون فى موقف صعب يزداد سوءًا كلما أدركت هى أى مصير ينتظرها.

وقد يؤدى محاولات (النيماتودا) للتخلص من الحلقة إلى انفصال الحلقة عن الخيط الهيفى للفطر المفترس، فتهرب (النيماتودا) حاملة حلقة الفطر حول جسمها سعيدة بنجاتها، حيث تبدو تحت المجهر مثل من يحمل حول جسمه طوقًا للنجاة، ولكنه - فى الواقع - طوق للهلاك، إلا أن (النيماتودا) الغافلة لا تدرك ذلك.



شكل (٤٧) : (أ) عقد لاصقة للفطر *Dactylella ellipsospora* .
(ب) (نيماتودا) حية يحيط بجسمها ٨ حلقات غير منقبضة للفطر *Dactylella lysipaga*
(جـ) هيفا للفطر السابق، يتكون عليها عقد لاصقة وحلقات غير منقبضة.
(د) (نيماتودا) ميتة ينمو داخلها هيفات الفطر الممرض.
(هـ) حامل وجراثيم الفطر *D. lysipaga* .

وتستمر مثل هذه الأفراد من (النيماتودا) فى حياتها الطبيعية لفترة، حاملة حلقة الفطر حول جسمها، وقد تحمل عدة حلقات تدل على تعرض هذه (النيماتودا) إلى مثل هذه الظروف الصعبة، مع نجاحها - المؤقت - فى الهروب من بين براثن ذلك الفطر السفاح.

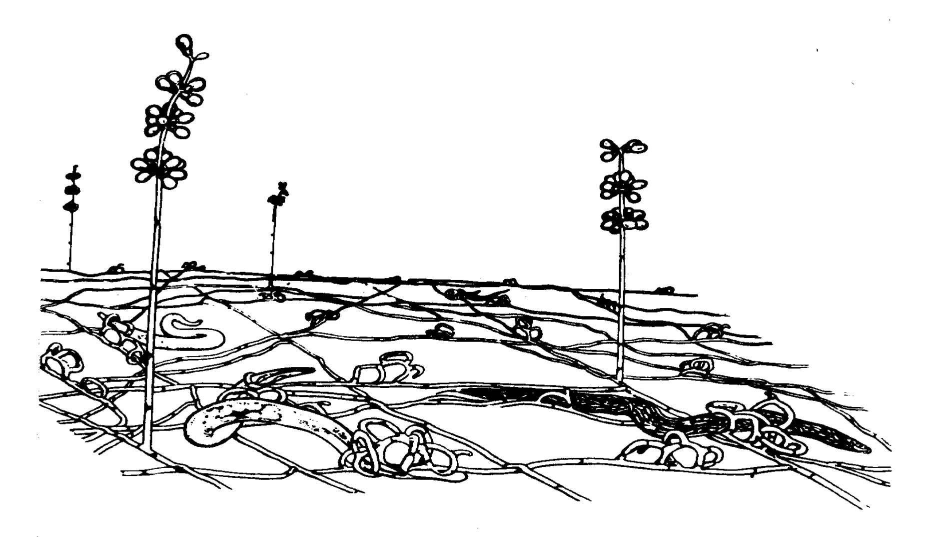
وتعتبر حلقات الفطر السابقة تراكيب ممرضة، يظهر منها وتد هيفى دقيق يخترق جليد (النيماتودا) مكونة خيوطًا هيفية داخل جسمها، تهاجم أحشاءها الداخلية وتحلل أنسجتها وتتغذى عليها. كما تؤدى حركة (النيماتودا) حاملة معها حلقات الفطر إلى انتشار هذا الفطر المفترس إلى أماكن أخرى فى التربة، سعيًا وراء ضحايا جدد من (النيماتودا).

ولا تكتفى الفطريات آكلة لحوم (النيماتودا) بما سبق الإشارة إليه من تراكيب فطرية بارعة فى اصطياد فرائسها من (النيماتودا)، فمازال هناك المزيد من الحيل والابتكارات البارعة التى تلجأ إليها هذه الفطريات المتوحشة.

ومن هذه التراكيب الحلقات المنقبضة، وهى تختلف عن الحلقات غير المنقبضة السابق الإشارة إليها فى آلية الاقتناص، والتى تشبه فى تفاصيلها الخيال العلمى، ولكنها الحقيقة العلمية التى يمكن أن نشاهدها تحت المجهر.

تتكون الحلقة المنقبضة من ثلاث خلايا فى شكل دائرى، جدرها الداخلية حساسة لمرور (النيماتودا). وعندما تمر واحدة من (النيماتودا) بجسمها من خلال هذه الحلقة وتلامس الجدار الداخلى لأحد الخلايا الثلاث المكونة لها، تنتفخ هذه الخلايا معًا فى نفس الوقت قابضة على جسم الفريسة فى سرعة خاطفة لا تتجاوز جزءًا من عشر أجزاء من الثانية، بحيث لا تعطيها أية فرصة للهرب.

وعادة ما تنجح (النيماتودا) الصغيرة فى المرور خلال فتحة الحلقة سلام، دون أن تتلامس مع الجدار الداخلى لخلايا الحلقة، و ذلك تكتب لها النجاة مؤقتًا، حتى تكبر ويشتد عودها، وتصبح فى المستقبل فرائس جيدة للفطر المفترس.



شكل (٤٨) : تصور تخطيطي للفطر *Arthrobotrys oligospora* الذى يكون حلقات منقبضة يقبض بها على (النيماتودا). بينما تظهر حوامل جرثومية باسقة تحمل عناقيد من الجراثيم.

أما (النيماتودا) كبيرة الحجم، فإنها تحتك غالبًا بجسمها السميك بالجدر الداخلية لحلقة الفطر خلال مرورها، فيتنبه الفطر لهذا الصيد الثمين ويقبض عليه فى سرعة خاطفة. أما (النيماتودا) متوسطة الحجم، فإن مصيرها مرتهن بمهارتها فى المرور من الحلقة دون أن يتلامس جسمها مع جدرها الداخلية، فإذا وقعت فى المحظور انقبضت عليها المصيدة الفتاكة دون رحمة، وبذا تقع هذه (النيماتودا) فى قبضة الفطر المتوحش نتيجة قلة خبرتها، ولكن يكون خطؤها الأول - فى هذه الحالة - هو الأخير.

وهكذا تستعرض الفطريات آكلة اللحوم مهارتها فى اقتناص فرائسها من (النيماتودا)، تلك الحيوانات صغيرة الحجم ذات الشكل الأسطوانى، والتى يسبب بعضها مشاكل لا حصر لها فى جذور النباتات، مقدمة خدمة عظيمة لنا فى القضاء على هذه الآفة الضارة دون أن تنتظر منا سوى التحية والتقدير، وهى جديرة بذلك.

١٨ – الفطر قاتل التماسيح وأسماك القرش

تعتبر حديقة الأسماك القومية بمدينة بالتيمور Baltimore بولاية ماريلاند Maryland الأمريكية من أكثر المناطق السياحية التى تعرض الأسماك والحيوانات البحرية الحية والتى يقبل على مشاهدتها آلاف المواطنين.

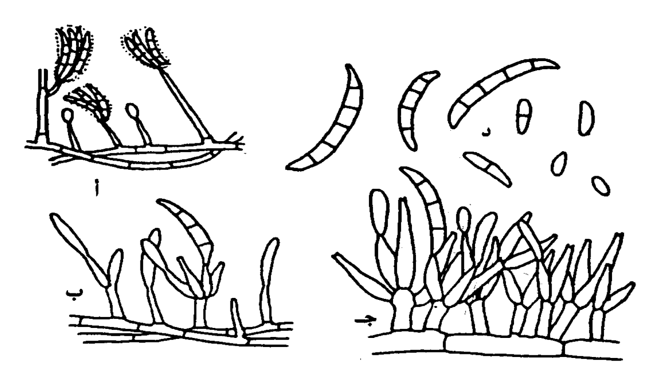
وتهتم إدارة الحديقة بصحة ما تعرضه من أسماك وحيوانات بحرية، خاصة تلك الأنواع النادرة، ومنها أسماك القرش ذات الرأس القلنسوة bonnethead sharks التى تلد صغارها فى الأسر، والتى يهتم بها أطباء الحديقة البيطريين أيما اهتمام.

إلا أنه فى عام ١٩٨٩، ولدت ستة أسماك قرش صغيرة ولكنها لم تكن كلها سليمة، فلقد مات أحدهم وهو مازال فى رحم أمه، ومات الثانى بعد ولادته بنحو ست ساعات، والثالث مات بعد ثمانية أيام، والرابع بعد أربعة وعشرين يومًا وبقى منهم اثنتان على قيد الحياة.

وكانت هذه هى المرة الأولى التى يصادف فيها أسماك القرش الصغيرة ذلك المصير التعس، ونظرًا لخسارة الحديقة لأربعة أسماك نادرة، فإنه تم مراقبة السمكتين الباقيتين خوفًا عليهما من نفس المصير.

وأوضحت المراقبة اليومية لهاتين السمكتين أنهما بطيىء الحركة، يتحركان بخمول وبطريقة مرتبكة، ثم عزفا عن الطعام المقدم لهما وانحرفت بعد ذلك صحتهما، ولم يمر شهران إلا ولقيا نفس مصير الزملاء السابقين.

ونظرًا لخطورة الموقف، قام الأطباء البيطريون بتشريح جثث أسماك القرش الميتة، حيث لوحظ انتشار هيفات فطرية فى منطقة الغضاريف، أدت إلى تشوهها، وعند عزل هذه الهيفات بصورة نقية، ظهرت كونيديات صغيرة وكبيرة تأخذ الشكل الهلالى، وذات لون شفاف، وأيضًا ظهرت خلايا كلاميدية فى الكونيديات الكبيرة المقسمة، وبذلك تم تعريف هذا الفطر الممرض بأنه *Fusarium solani* .



شكل (٤٩) : الفطر *Fusarium solani* .
أ = هيفات تحمل كونيديات.
ب = حوامل كونيدية.
جـ = وسادة جرثومية.
د = كونيديات كبيرة وصغيرة.

ولقد تصادف وجود نفس هذه المشكلة لحيوانات بحرية أخرى تحتفظ بها بعض حدائق الحيوان فى مناطق مختلفة من العالم، حيث أدت الإصابة بذلك الفطر المرض إلى موت صغار الحيوانات غالية الثمن، مما أدى إلى خسائر فادحة لا يمكن تعويضها.

ومن الأمثلة الأخرى الناتجة عن هذا الفطر القاتل، ما حدث فى أستراليا، حيث يعتبر شاطئ المدينة الساحلية روك همبتون Rockhampton من أكثر المناطق السياحية الواقعة على الساحل الشمالى لأستراليا، والذى توجد به مزرعة ضخمة لتربية التماسيح على مساحة قدرها ١٣٣ هكتارًا، تزرع حولها أشجار الأوكاليبتوس eucalyptus المعروفة، والتى تستعمل أوراقها وأزهارها فى الأغراض

الطبية، وكذلك أشجار المانجروف mangroves التى تنمو على شواطئ البحار والبرك ذات المياه المالحة.

ويتعرض ساحل هذه المدينة للمد والجزر، حيث يرتفع سطح البحر خلال المد إلى نحو أربعة أمتار؛ لذلك تم مد الطرق الموصلة إلى مزرعة التماسيح، بحيث تكون مرتفعة بعدة أمتار حتى لا تغمرها مياه البحر.

ويمكن القول بأن هذه المزرعة هى أكبر مزرعة للتماسيح فى العالم، حيث تم إنشاؤها عام ١٩٨١، وبدأت بتسعة تماسيح برية صغيرة، ثم زاد عددها مع الوقت وتكاثرت فى الأسر حتى أصبحت إحدى المزارات السياحية الهامة فى أستراليا.

وتعرض هذه المزرعة بعض المنتجات المصنعة من جلود التماسيح، مثل الحقائب والأحذية والأحزمة والمحافظ للبيع كتذكارات للسائحين، كما تقدم المطاعم لحوم التماسيح فى وجبات غذائية شهية غير تقليدية.

واتبعت مزرعة التماسيح هذه سياسة تهدف إلى زيادة تكاثر التماسيح فى الأسر، حيث وضعت أول بيضة فى شهر أكتوبر ١٩٨٥. وعلى الرغم من تزايد نسبة وضع البيض فى المزرعة، إلا أن نسبة الفقس كانت قليلة.

وفى عام ١٩٨٨ ظهرت المشكلة أكثر وضوحًا؛ حيث تناثر البيض دون فقس فى عشوش التماسيح، كما ظهرت أعراض الضعف والهزال على صغار التماسيح، وسرعان ما كانت تموت. وأدى ذلك إلى تدهور المزرعة عام ١٩٩٠، حيث بلغ معدل موت التماسيح الصغيرة تسعة حيوانات يوميًا، وانخفض تعداد حيوانات المزرعة إلى النصف.

ونظرًا لما أنفق على المزرعة من وقت ومجهود وتكاليف باهظة، فإن الخسائر التى منيت بها كانت من الشدة بحيث كادت أن تقضى على المشروع بأكمله، كما أن تكاليف تربية التماسيح الصغيرة كانت مرتفعة؛ حيث أنه يحتاج إلى حوالى ٢ – ٤ سنوات من العناية والتغذية حتى يصبح الحيوان ذا قيمة اقتصادية؛ ووقتها يكون طوله قد وصل نحو متر ونصف إلى مترين.

ولخطورة موقف هذه المزرعة، تمت دراسة الحيوانات المريضة، والبيض الذى تضعه الإناث داخل عشوشها دون أن يفقس. وتمت دراسة الحيوانات المريضة دراسة تشريحية، حيث أوضحت النتائج وجود هيفات فطرية وجراثيم على القروح الموجودة فى أنسجة الكبد والرئة والأمعاء الدقيقة والأحشاء الداخلية.

وأخذت عينات من هذا الفطر وعزل بصورة نقية، ثم تم تعريفه ووجد أنه الفطر *Fusarium solani* وهو أحد فطريات التربة المعروفة.

وعند إجراء الفحص الدورى على التماسيح المريضة، وجد أن الفطر السابق يسبب لها مشاكل صحية لا حصر لها، فعلى سبيل المثال وجد أن صغار التماسيح يجف جلدها، كما أنها تفقد شهيتها للطعام فيقل وزنها وتصاب بالهزال.

كما ظهرت قروح على صغار التماسيح، خاصة حول الفكوك والعيون، حيث كانت تنمو عليها هيفات الفطر المرض. وكذلك شوهدت هذه الهيفات الفطرية نامية داخل تجويف الفم نفسه فى الحيوانات البالغة.

واختلفت هذه القروح - التى يكونها الفطر الممرض - فى حجمها، كما شوهدت مثل هذه القروح على أقدام الحيوانات المريضة وعلى بطنها. ولقد أدت شدة الإصابة فى بعض التماسيح البالغة عند منطقة الفكوك وتجويف الفم إلى أن بعض الحيوانات فقدت بعض أسنانها وأنيابها.

وأدى ظهور هذه الأعراض على تماسيح المزرعة إلى الاهتمام بعزل الفطريات من جميع الأماكن التى تعيش فيها هذه الحيوانات؛ للتعرف على مصدر العدوى والقضاء عليه. ولقد أخذت عينات من هواء المزرعة، ومن داخل عنابر تربية الحيوانات، وعينات أخرى من التربة، ومن مياه المزرعة وأحواض التربية والأرضيات والجدران، وكذلك من حظائر العلف، ومن العلف نفسه المستخدم فى التغذية.

ولقد تم عزل الفطر *F. solani* من جميع العينات السابقة، ويعتبر ما شوهد من نشاط لهذا الفطر فى إصابة تماسيح الكورانا Koorana crocodile التى تنمو

طبيعيًا فى أستراليا – والتى يصل طولها إلى نحو ستة أمتار – هو أول تقرير علمى يوضح القدرة المرضية لهذا الفطر على إصابة التماسيح (Hibbed &Harrower 1993) .

ومن المحتمل أن تكون إصابة هذه التماسيح المتوحشة بهذا الفطر قد تمت عن طريق الخدوش الصغيرة التى تحدث لجلد الحيوانات خلال ممارستها لحياتها اليومية. فعلى سبيل المثال، تتم تربية الحيوانات الصغيرة بعد فقسها تحت ظروف المزرعة داخل حظائر خاصة، حيث تميل هذه الحيوانات إلى التجمع فوق بعضها.

وفى وقت تناول الغذاء، تنطلق هذه التماسيح الصغيرة معًا، وقد تتشاحن من أجل الحصول على كمية أكبر من العلف، أو لكى تحصل على غذائها قبل غيرها من الحيوانات الصغيرة الأخرى. ويؤدى ذلك – بطبيعة الحال – إلى حدوث خدوش صغيرة أو جروح غير عميقة فى جلد هذه الحيوانات، يدخل من خلالها هيفات الفطر الممرض.

وحيث أن صغار التماسيح ذات أسنان ومخالب حادة إبرية الشكل، تسبب مثل هذه الجروح والخدوش، فإنه تم اتباع بعض الإرشادات الصحية للعناية بتربية هذه التماسيح الصغيرة بحيث لا يصاب بعضها بجروح.

كما اتبع الرش الدورى لحظائر التربية ببعض المطهرات الفطرية، وكذلك إضافة مادة أيوديد البوتاسيوم على علف التماسيح، مع الاهتمام بالنظافة والتطهير المستمر اليومى للحظائر.

وبالإضافة إلى ما سبق، ثم إضافة مادة نتروفورازون nitrofurazone – وهى مادة مضادة للميكروبات، يتم استعمالها عادة فى برك تربية الحيوانات البحرية – إلى مياه حظائر تربية التماسيح الصغيرة بتركيز ١٠ ملليجرامات لكل لتر ماء. وعلى الرغم من جميع الإجراءات السابقة، لم يؤد أيا منها إلى خفض نسبة انتشار المرض، ولم يقل معدل وفاة التماسيح الصغيرة المريضة.

وكذلك اختبرت بعض المضادات الحيوية الفطرية لمكافحة هذا الفطر الممرض، إلا أن ذلك أدى إلى إنهاك هذه الحيوانات وضعفها، مما سبب مزيدًا من التدهور فى حالتها الصحية، ولم يؤد ذلك فى النهاية إلى أية نتائج مفيدة.

وخلال موسم التربية ١٩٩٠/١٩٩١، تم الحصول على بيض التماسيح من ٢٦ عشًا من عشوش التربية، وتم تحضين البيض صناعيًا بطريقة مشابهة لما يحدث فى الطبيعة، وخلال فترة التحضين أخذت عينات من البيض من ٨ عشوش، وعزل الفطر من أجزاء مختلفة من البيض، مثل القشرة الخارجية، والغشاء المخاطى الداخلى بعد الفقس، وأنسجة الجنين الميت، وكذلك من بيض غير مخصب، ومن بيض آخر مخصب فى مراحل مختلفة من تكوين الجنين.

ولقد أظهر الفحص المجهرى وجود نموات ميسليومية كثيفة للفطر الممرض *F. solani* ، وتركز وجود هذه النموات الهيفية فى الكيس الهوائى لبعض البيض المصاب، حيث أدى ذلك إلى عدم فقس هذا البيض.

كما أخذت عينات من المواد العضوية التى تغطى أرضية عشوش التماسيح، فظهر أن النموات الفطرية لنفس الفطر السابق منتشرة عليها بغزارة. ولقد كان ذلك متوقعًا، حيث أن هذه العشوش يتم بناؤها عن طريق أنثى التمساح التى تجمع المواد العضوية - مثل أوراق الأشجار، والأغصان المتساقطة على سطح التربة - وتنقلها بفمها إلى المكان المختار لبناء العش. وهكذا يجد الفطر *F. solani* - وهو من فطريات التربة - طريقه إلى عشوش التماسيح.

وعند وضع أنثى التماسيح بيضها، فإنها تغطية بطبقة لزجة لاصقة، فإذا كان العش ملوثًا بجراثيم الفطر المرض، فإن هذه المادة اللزجة تعمل على لصق جراثيم الفطر وهيفاته بالسطح الخارجى للبيض. ومع الدفء وارتفاع رطوبة الهواء داخل العش خلال فترة التحضين، تنبت جراثيم الفطر وتنمو هيفاته، التى قد تخترق قشرة البيضة من خلال ثقوب التهوية، أو من خلال الشقوق الدقيقة التى تحدث أحيانًا خلال مرحلة وضع الأنثى لبيضها.

فإذا استمرت البيضة – التى اخترقتها هيفات الفطر المرض – محتفظة بحيويتها، فإنها تفقس عن صغار تماسيح مصابة بالهيفات المرضة. وتنمو هذه الهيفات الفطرية فى جسم التمساح الصغير بسرعة خلال العام الأول دون أن تظهر أية أعراض على الجلد الخارجى، ولكن بعد عام واحد تظهر أعراض خارجية على جسم التمساح، كما يعانى من إصابة الفطر لأحشائه الداخلية.

وربما يفسر ذلك الموت المفاجئ لبعض صغار التماسيح التى كانت تبدو سليمة وفى كامل صحتها، دون أن يظهر عليها أى أعراض خارجية للمرض. ولكن عند فحص الأنسجة الداخلية لمثل هذه التماسيح الميتة، لوحظ وجود نموات هيفية كثيفة فى الرئة والكبد، أدت إلى موت الحيوان.

ولقد أجريت بعض المحاولات لتقليل خطورة المرض، والبحث عن وسيلة لتجنب التصاق الوحدات الفطرية للفطر المرض بقشرة البيض الذى تضعه التماسيح داخل عشوشها، مع الأخذ فى الاعتبار تجنب الهز العنيف للبيض خلال فترة التحضين حتى لا يتسبب ذلك فى فصل الكيس الجنينى عن الغشاء الداخلى، مما يتسبب فى وفاة الجنين.

ومن ناحية أخرى، وجد أن الغسيل الجيد لسطح البيض بعد وضعه فى العش على المواد النباتية، وكذلك إضافة بعض المضادات الحيوية فى ماء الغسيل، ذات فاعلية جيدة لإزالة الوحدات الفطرية المرض *F. solani* من على القشرة الخارجية، وأيضًا فى قتل الوحدات القليلة التى قد تستمر ملتصقة بالقشرة. ولم تسبب هذه المعاملة تلفًا للبيض ولم تؤثر على حيوية الجنين.

كما اتبعت فى هذه المزرعة إجراءات صحية صارمة للحد من التلوث بالفطر المرض ولوقاية الحيوانات السليمة من العدوى. ومن هذه الإجراءات تقليل كثافة الحيوانات فى حظائر التربية منعًا للازدحام، ولخفض معدل حدوث الجروح والخدوش السطحية. وأيضًا راعى المسئولون زيادة عدد أماكن التغذية لكل حظيرة، مما يقلل من التزاحم خلال فترة التغذية.

وكذلك تم تعديل نظام التهوية والتدفئة داخل عنابر التربيـة ، وخاصـة داخـل عشوش الفقس لعدم تعرضها لأضرار البرودة، بالإضافـة إلى معالجـة ميـاه المزرعـة بالكلور، والعناية بالعلف المقدم للتماسيح، والتأكد من خلوه من الفطريات الضارة.

ولقد ظهرت هذه المشكلة للتماسيح الموجودة فى الأسر داخل المزرعة، ولكـن لا توجد حتى الآن معلومات عن مدى خطورة الفطر *Fusarium solani* علـى صحـة وحياة هذه التماسيح فى الطبيعة.

وربما يسبب هـذا الفطـر بعـض الأضـرار للبيـض أو لصغـار التماسـيح البريـة، وبذلك يعتبر من الأعداء الطبيعية التـى تحـد مـن زيـادة أعـداد هـذه الحيوانـات المفترسة فى الطبيعة؛ حيث يتعرض بيض هذه التماسيح للسـرقة مـن الحيوانـات الأخرى بغرض التغذية عليـه، وأيضًـا للحـرارة الشـديدة خـلال دفنـه فـى رمـال الشاطئ مما يقلل من حيوية الجنين، وكذلـك قـد يتعـرض بعـض البيـض للكسـر خلال رقاد أنثى التمساح عليه.

وهكذا يعتبر الفطر *F. solani* من الفطريـة المرضـة لهـذه الحيوانـات البحريـة المفترسة، سواء أسماك القرش أم التماسيح، ولا يقتصر إصابة ذلك الفطر لمثل هـذه الحيوانات فقط، ولكنه يصيب أيضًا الزواحـف والطيـور والأسمـاك، وعديـدا مـن الحيوانات اللافقارية، بل أن بعض سلالاته تصيب الحيوانات الثديية بمـا فيـها الإنسان.

١٩ – أرقام قياسية.. للفطريات

إذا أردت أن تعرف ما هى أعلى ناطحة سحاب فى العالم؟

أو ما اسم أضخم باخرة ناقلة للركاب بناها الإنسان؟

أو ما هو أسرع حيوان فى العدو؟

فإنك سوف تتجه إلى موسوعة جينز للأرقام القياسية، والتى تحولت إلى برنامج فى عديد من تلفازات العالم. فهل للفطريات نصيب فى هذه الأرقام القياسية؟

الحقيقة أن بعض أنواع الفطريات حققت لنفسها أرقامًا قياسية فى مجالات شتى، تفوقت فيها على غيرها من الكائنات الحية الأخرى بما فيها الإنسان، إلا أن هذه الفطريات خجولة، جمة التواضع، تفعل ذلك دون أن تعلن عن نفسها، لذا يجب أن نسعى نحن إليها، ونكتشف مواهبها وقدراتها.

ففى أحد أيام الخريف، خرجت أسرة أمريكية تتجول فى الغابات القريبة من واشنطن بالولايات المتحدة، وكانت تجمع بعضًا من ثمار عيش الغراب المأكولة الشهية، فإذا بها تقف أمام ثمرة عملاقة لأحد فطريات عيش الغراب الرفية (*Fomes nobilissimus*). وكان أبعاد هذه الثمرة ٩٤ × ١٤٢ سنتيمترًا، بينما بلغ وزنها ١٣٦ كيلوجرامًا أى حوالى وزن أفراد هذه الأسرة مجتمعين! ودخلت هذه الثمرة موسوعة جينز للأرقام القياسية كأكبر ثمرة لفطر عيش الغراب.

ولم تكن هذه الثمرة العملاقة هى الوحيدة من نوعها، ولكن هناك ثمارًا أخرى لفطريات عيش الغراب شوهدت فى كثير من دول العالم وتم تسجيلها هناك. فعلى سبيل المثال، شوهدت ثمرة لفطر عيش غراب رفى فى باكنجهام بالمملكة المتحدة (*Fomes fraxineus*) بلغت أبعادها ٣٨ × ١٢٧ سنتيمترًا، وأخرى

للفطر (*Polyporus frondosus*) فى ولاية أوهايو بالولايات المتحدة كان وزنها حوالى ٢٢,٨ كيلوجرامًا.

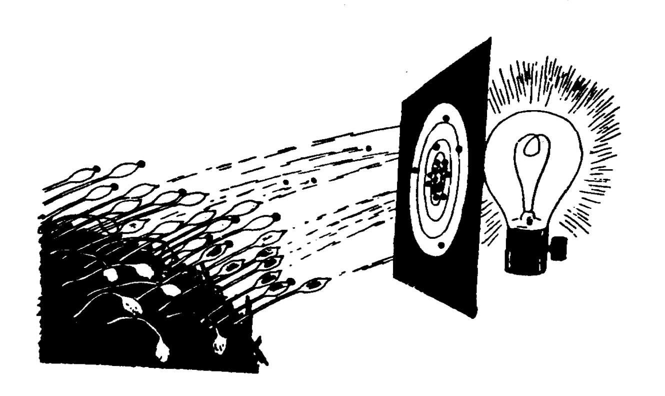
وتتكون هذه الثمار العملاقة نتيجة نمو الخيوط الهيفية لفطر عيش الغراب فى التربة، متغذية على أوراق الأشجار والفروع المتساقطة، فإذا كنت تندهش من هذه الثمار الضخمة، فإنك سوف تزداد اندهاشًا إذا علمت كم يبلغ حجم هذه النموات الفطرية فى التربة، والتى تصل إلى أرقام يصعب تخيلها.

فلقد وجدت فى غابة ميتشجان بالولايات المتحدة مساحة قدرها ثلاثين هكتارًا ينمو فيها خيوط هيفية لفطر عيش غراب العسل (*Armellaria mellea*)، وهو أحد الفطريات الممرضة للأشجار، كما أن ثماره تؤكل بعد سلقها جيدًا والتخلص من مياه السلق. ولقد قدر الخبراء وزن النموات الفطرية فى هذه المساحة الشاسعة بنحو عشرة أطنان، ويعتقد أن عمرها أكثر من ١٥٠٠ عام، ومازالت محتفظة بحيويتها وتزداد نموًا يومًا بعد يوم!

وربما يكون من الصعب مقارنة هذه المستعمرة العملاقة للفطر السابق بغيرها من الأحياء الضخمة، كالأشجار والحيتان سواء المعاصرة أو تلك التى كانت يومًا ما موجودة، والتى يتضاءل وزنها بالمقارنة بمستعمرة فطر عيش غراب العسل بغابة ميتشجان، والتى وجدت لنفسها مكانًا لائقًا وسط الأرقام القياسية.

وهناك فطريات أخرى بارعة، منحها اللّه سبحانه وتعالى قدرات خارقة لتتغلب بها على ظروف البيئة القاسية التى توجد بها، حتى يمكنها الانتشار والنمو واستكمال دورة حياتها، ومن هذه الأمثلة أحد الفطريات التى تنمو على روث الحيوانات العشبية، فتحللها إلى مواد بسيطة قابلة للذوبان، وتستفيد منها الأحياء الأخرى، دون أن تلوث البيئة.

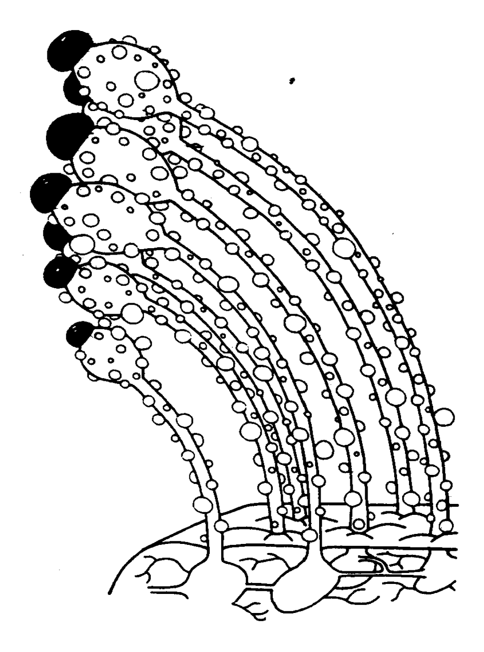
ويطلق على هذا الفطر اسم (قاذف القبعة the cap thrower)، وهو وصف حقيقى لما يقوم به هذا الفطر وقت الظهيرة من كل يوم، حيث يقذف أكياسه الجرثومية الكبيرة ذات اللون الأسود بقوة ناحية مصدر الضوء فى حركة استعراضية باهرة، يستحق عليها الثناء والإعجاب.



شكل (٥٠) : فطر قاذف القبعة *Pilobolus crystalinus* يقذف أكياسه الجرثومية فى اتجـــــاه مصدر الضوء.

ويمكنك مشاهدة هذا العرض المسرحى الذى يقوم به هذا الفطر وزملاؤه، حيث لن تحتاج إلا لوعاء زجاجى متوسط الحجم، وروث طازج لحيـوان عشـبى يوضـع فى قاع الطبق ويغطى بغطاء زجاجى مع ترك جزء مفتوح للتهوية. ويوضع الطبـق الزجاجى بجوار مصدر ضوئى من جهة واحدة (نافذة)، وربمـا تحتـاج إلى عدسـة مكبرة للفحص.

ويبدأ الفطر فى تكوين حوامل طويلة يصل طولها إلى حوالى سنتيمترين اثنـين، تحمل على طرفها كيسا كبيرا أسود اللون يمكن رؤيته بـالعين المجـردة . ويوجـد انتفاخان على الحامل، أحدهما خلف الكيس الجرثومـى مباشـرة، والثـانى عنـد قاعدة الحامل يسمى الكيس الغذائى، يكون مطمورا فى الروث.



شكل (٥١) : الحوامل الجرثومية لفطر قاذف القبعة *Pilobolus kleinii* منحنية تجاه مصدر الضوء.

والعجيب هنا أن هذه الحوامل الفطرية تنمو متجهة إلى الضوء، وهذا ما تفعله النباتات الخضراء أيضًا، فما وجه الغرابة هنا؟

إن فطر قاذف القبعة يتميز بآلية عجيبة فى دقة توجيه حوامله إلى الضوء، فإن الأشعة الضوئية التى تسقط على الحامل، تتجمع بواسطة الانتفاخ الأول

أسفل الكيس الجرثومى، والذى يشبه فى عمله العدسة اللامة التى تجمع الأشعة على الجدار البعيد عن مصدر الضوء.

ويؤدى سقوط الأشعة الضوئية وتركيزها على الجدار البعيد إلى إسراع نموه، بالمقارنة بالجدر الأخرى، فينمو الحامل منحنيًا، وموجهًا نفسه تجاه مصدر الضوء، وبذلك يكوّن هذا الانحناء زاوية مع قاعدة الحامل.

ويعتبر هذا السلوك العجيب لفطر قاذف القبعة وليد التأقلم على ظروف البيئة الصعبة التى ينمو فيها، فهو أحد فطريات الروث التى تنمو على روث الحيوانات آكلة العشب، والتى تلقى روثها على سطح الأرض بين الأعشاب والنباتات البرية، مما يجعل فرصة وصول جراثيمه إلى العالم الخارجى متعذرة، فإذا لم ينجح الفطر فى إطلاق جراثيمه ناحية الضوء، ظل حبيسًا لهذا المكان الموحش.

ولهذا الغرض الحيوى، جهز فطر قاذف القبعة نفسه بآلية محكمة لقذف أكياسه الجرثومية بعيدًا فى اتجاه الضوء، متحررة إلى العالم الواسع.

ويبدأ الفطر مبكرًا فى عمله، مع الساعات الأولى من الصباح، حيث أنه نشيط يحترم الوقت ويحسن استغلاله. ففى حوالى الساعة التاسعة صباحًا تكون آلاف من أكياس الفطر السوداء (التى تشبه القبعات) قد نضجت، وانحنت سيقانها النحيلة ناحية الضوء.

وعندئذ يزداد حجم الانتفاخ العلوى أسفل الكيس الجرثومى، حيث يصل إلى أقصى انتفاخ له عند الظهيرة، ثم ينفجر فجأة قاذفًا الكيس فى اتجاه مصدر الضوء وذلك فى صوت مسموع، لذلك يطلق على هذا الفطر أحيانًا اسم (البندقية الفطرية the fungal shotgun).

ولم تقف براعة الفطر فى قذف أكياسه الجرثومية، ولا فى آليتها المحكمة، لكنه يتحكم أيضًا فى زاوية ميل قذف هذه الأكياس بحيث تكون حوالى ٤٥ درجة. ولا يختار الفطر هذه الزاوية عبثًا، وإنما هو اختيار ينم عن ذكاء بالغ وهبه الله سبحانه وتعالى إياه.

ففى الكليات الحربية، يتعلم الطلبة أن أفضل زاوية لإطلاق القذائف هى ٤٥ درجة، حيث تصل القذيفة إلى أقصى سرعة لها، وتصل إلى أبعد مدى، وهذا ما عرفه فطر قاذف القبعة قبل أن يدرك الإنسان شيئًا عن البارود والقذائف.

ويقذف الفطر كيسه الجرثومى إلى مسافة حوالى مترين، وهو رقم قياسى عالمى يجب تسجيله فى موسوعة (جينز) للأرقام القياسية. فإذا علمت أن طول الحامل لا يتعدى سنتيمترين، فإن معنى ذلك قذف الفطر لقبعته (الكيس الجرثومى) إلى ارتفاع يبلغ نحو ١٠٠ ضعف طوله، وهو ما يعادل قذف إنسان لقبعته لارتفاع ١٨٠ مترًا! أى إلى ارتفاع ناطحة سحاب مكونة من ٦٠ طابقًا تقريبًا، فهل يستطيع إنسان ذلك؟

وحيث أن الفطر يقذف أكياسه الجرثومية فى وقت الظهيرة فى اتجاه شروق الشمس، فإنه يقوم بتوجيه حوامله الجرثومية ناحية الشمال الشرقى فى النصف الجنوبى من الكرة الأرضية، وناحية الجنوب الشرقى فى النصف الشمالى منها، كأنما هو بوصلة حيوية، فأية براعة هذه؟!.

وفى النهاية، فإن فطر قاذف القبعة ذا التركيب البسيط، والتواضع الجم، يعطينا مثالاً جديرًا بالاهتمام عن مدى تأقلم الفطريات مع بيئتها، وكيف استطاعت أن تتغلب على مشاكلها الحيوية بدقة ومهارة، قد تفوق براعة البشر بما لديهم من إمكانات وقدرات لا حدود لها.

لقد برع هذا الفطر – حقًا – فى تحقيق هدفه، وسلك فى ذلك أسلوبًا فريدًا لم يسبقه إليه كائن آخر. وهو بذلك يفتح الباب على مصراعيه للدارسين والباحثين للتنقيب فيما يحيط بنا من قدرات هائلة، أودعها الله – سبحانه وتعالى – لتلك الكائنات الحية الدقيقة لنتعلم منها.

٢٠ – مراكز الفطريات على شبكة الإنترنت

١ – مكتبة الفطريات التطبيقية للشبكة العنكبوتية الدولية :

The World wide wib Virtual Library Mycology

http: // muse. bio-cornell-edu/taxonomy/fungi-html.

٢ – مركز المعلومات العالمى ميسليوم Mycelium :

http: // www-igc-apc-org/mushroom/welco. html.

٣ – شبكة معلومات عيش الغراب والثروات الفطرية :

Eco Net s Mushroom & Mycology Resources

http: / www-econet-apc-org/igc/www-mycol - html.

٤ – شبكة معلومات عيش الغراب البرى من سلوفينيا :

Wild Mushrooms From Slovenia

http: / www-ijs-si/globe.

٥ – شبكة المعلومات الفطرية من كيو – إنجلترا Mycology at kew :

http: / www-rbgkew-org-uk: 80/mycology / index-html.

٦ – شبكة المعلومات الفطرية بجامعة توبنجن – ألمانيا :

http: / www-uni-Tuebingen de/uni/bbm/mycology.

٧ – شبكة المعلومات الفطرية بجامعة منسيوتا – الولايات المتحدة :

http: /drogon-labmed-umnedu/lynda/index-html.

المراجع

Agrios, G.N. (1987) - Plant Pathology. 3 rd. Ed. Academic Press. New York. USA.

Alexopoulos, C.J. and C.W. Mims (1996). Introductory Mycology. John Wiley & Sons. Ine. New York, USA. 869 pp.

Cooke, R.C. (1980). Fungi, man and his environment. Longman Group Limited. London. Great Britain. 144 pp.

Gray, W.D. (1973). The use of fungi as food and in food processing. The Chemical Rubber Co., Ohio,USA. 217 pp.

Hudson, H.J. (1986). Fungal biology. Edward Arnold (Pub.) Ltd-London. UK. 297pp.

Larone, D.H. (1993). Medically important fungi-a guida to identification. American Society for Microbiology. Washington. USA. 230pp.

Smith, I; E.Smith and D.R. Berry (1975). The Filamentous fungi-I-Industrial mycology-Edward Arnold (Ed.) Great Britain. 340pp.

Wainwright, M. (1992). An introduction to Fungal biotechnology-John Wiley & Sons. Chichester, UK. 201pp.

كتب للمؤلف

١ – عيش الغراب. وحدة أبحاث وإنتاج عيش الغراب – كلية الزراعة جامعة عين شمس (١٩٨٩).

٢ – كيف تزرع عيش الغراب؟ – توزيع أخبار اليوم (١٩٩١).

٣ – موسوعة عيش الغراب العلمية – الدار العربية للنشر والتوزيع (١٩٩٥).

الجزء الأول: عيش الغراب البرى والكمأة (الترفاس).

الجزء الثانى: زراعة عيش الغراب.

الجزء الثالث: طهى عيش الغراب وقيمته الغذائية والطبية.

الجزء الرابع: التدريبات العملية على زراعة الأنواع التجارية.

٤ – عالم الفطريات – الدار العربية للنشر والتوزيع (١٩٩٨).

٥ – عيش الغراب وعالمه الساحر – دار المعارف – (١٩٩٨).

٦ -- الفطريات الصناعية – الدار العربية للنشر والتوزيع (١٩٩٩).

٧ – النباتات المتوحشة – حكايات علمية – دار المعارف (١٩٩٨).

٨ – بستان عيش الغراب – حكايات علمية – دار المعارف (١٩٩٨) .

٩ – حشرات مهنتها الزراعة – حكايات علمية – دار المعارف (١٩٩٨) .

١٠ – المجهر ورؤية العالم الخفى – حكايات علمية– دار المعارف (١٩٩٩) .

١١ – عودة أبو قردان– العودة إلى الطبيعة– حكايات علمية– دار المعارف (١٩٩٩).

١٢ – حراس البيئة – حكايات علمية – دار المعارف – (١٩٩٩) .

١٣ – الجذور الفطرية – الدار العربية للنشر والتوزيع (١٩٩٩ – تحت النشر).

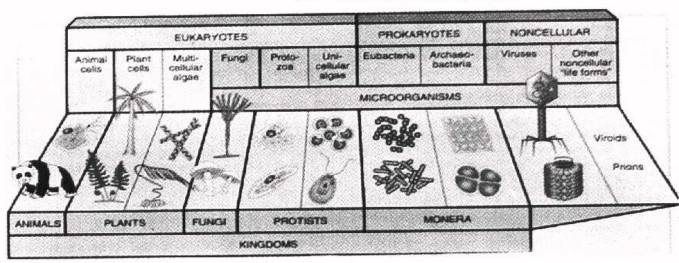
فهرس

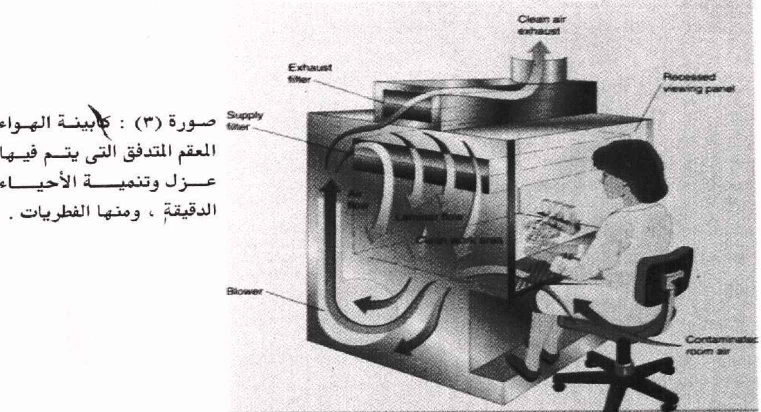
الموضـــوع	رقم الصفحة
مقدمة	٥
١ – ما هى الفطريات؟	٧
٢ – نشأة الأحياء الدقيقة.. ورؤية العالم الخفى	١١
٣ – الخبز.. طعام الإنسان منذ فجر التاريخ	٣١
٤ – ستيك اللحم النباتى	٣٧
٥ – طعوم ومنكهات من الفطريات	٤٥
٦ – أول الغيث.. بنسلين	٥١
٧ – شاى الكامبوتشا	٦١
٨ – أشباح الغابة	٦٧
٩ – الفطريات المنبعثة من الرماد	٧٣
١٠ – ومن السموم الناقعات دواء	٧٩
١١ – القبض على فطر الزرنيخ	٨٩
١٢ – ومن الفطر.. ما قتل	٩٥
١٣ – هل توجد فطريات فى مياه المحيط؟	١٠٧
١٤ – حشرات تزرع الفطريات	١١٥
١٥ – فطريات ممرضة للنبات	١٢١
١٦ – أمراض للإنسان.. تسببها الفطريات	١٣١
١٧ – الفطريات آكلات اللحوم	١٣٧
١٨ – الفطر قاتل التماسيح وأسماك القرش	١٤٧
١٩ – أرقام قياسية للفطريات	١٥٥
٢٠ – مراكز الفطريات على شبكة الإنترنت	١٦١



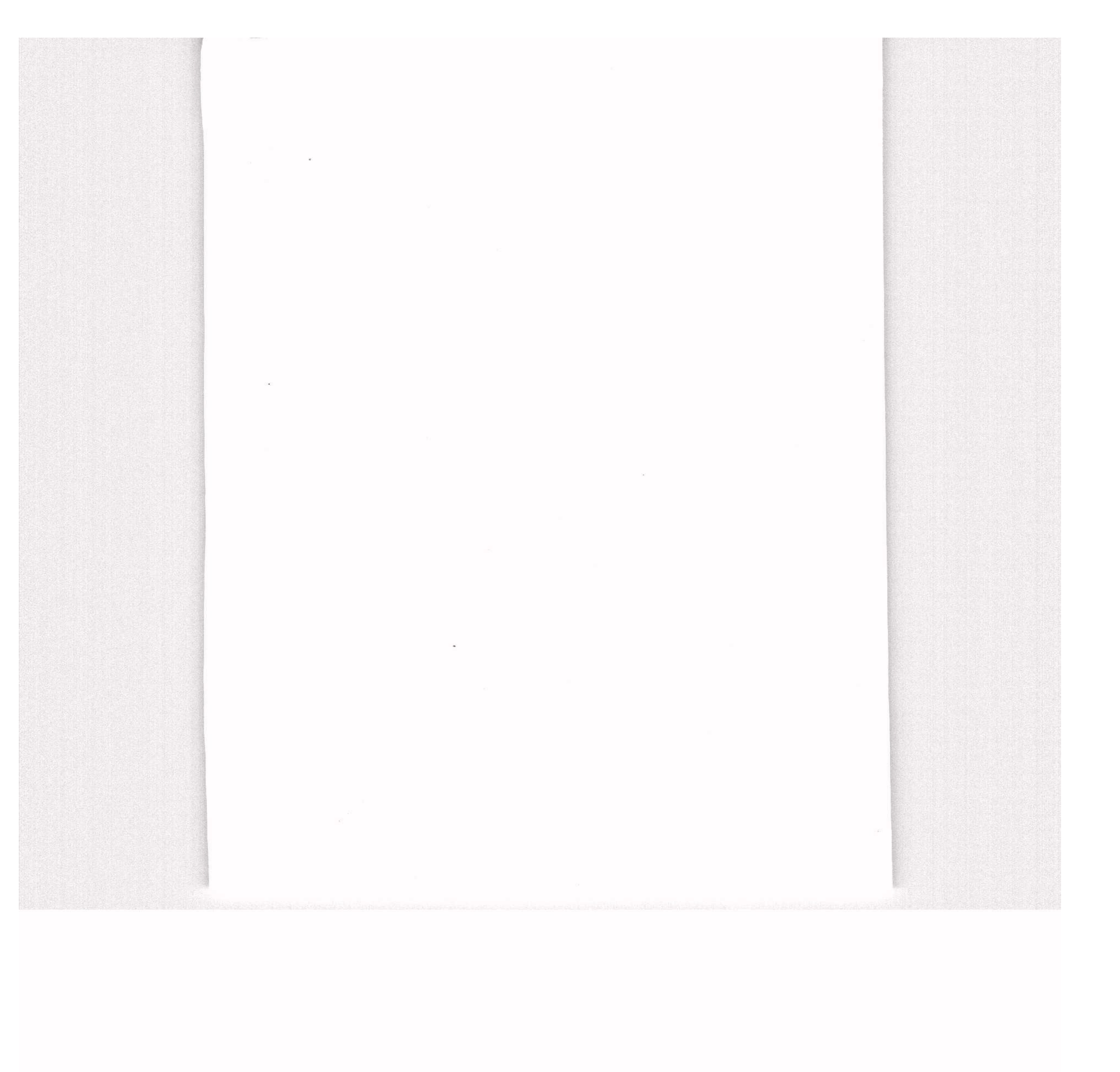
صورة (١) : الهولندى انتونى فان ليفنهوك مخترع المجهر

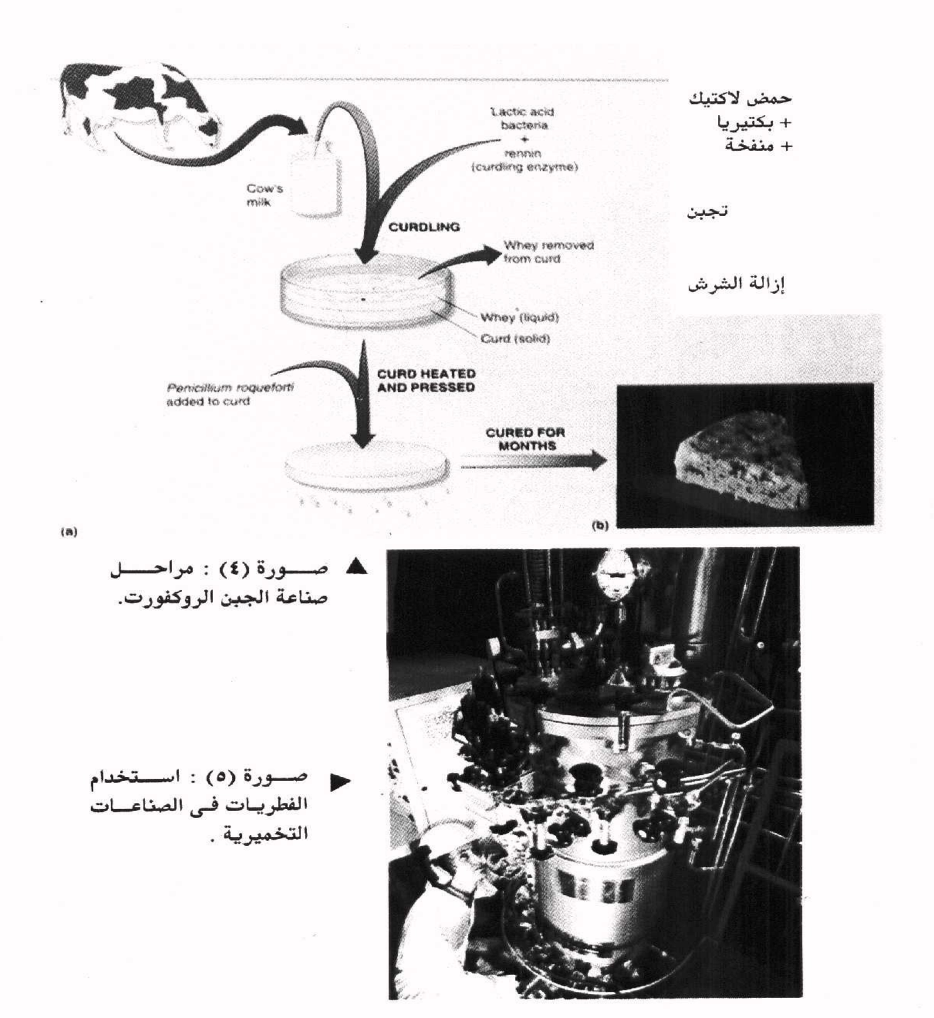
صورة (٢) : تصنيف الكائنات الحية تبعًا لنواتها (حقيقية - بدائية).





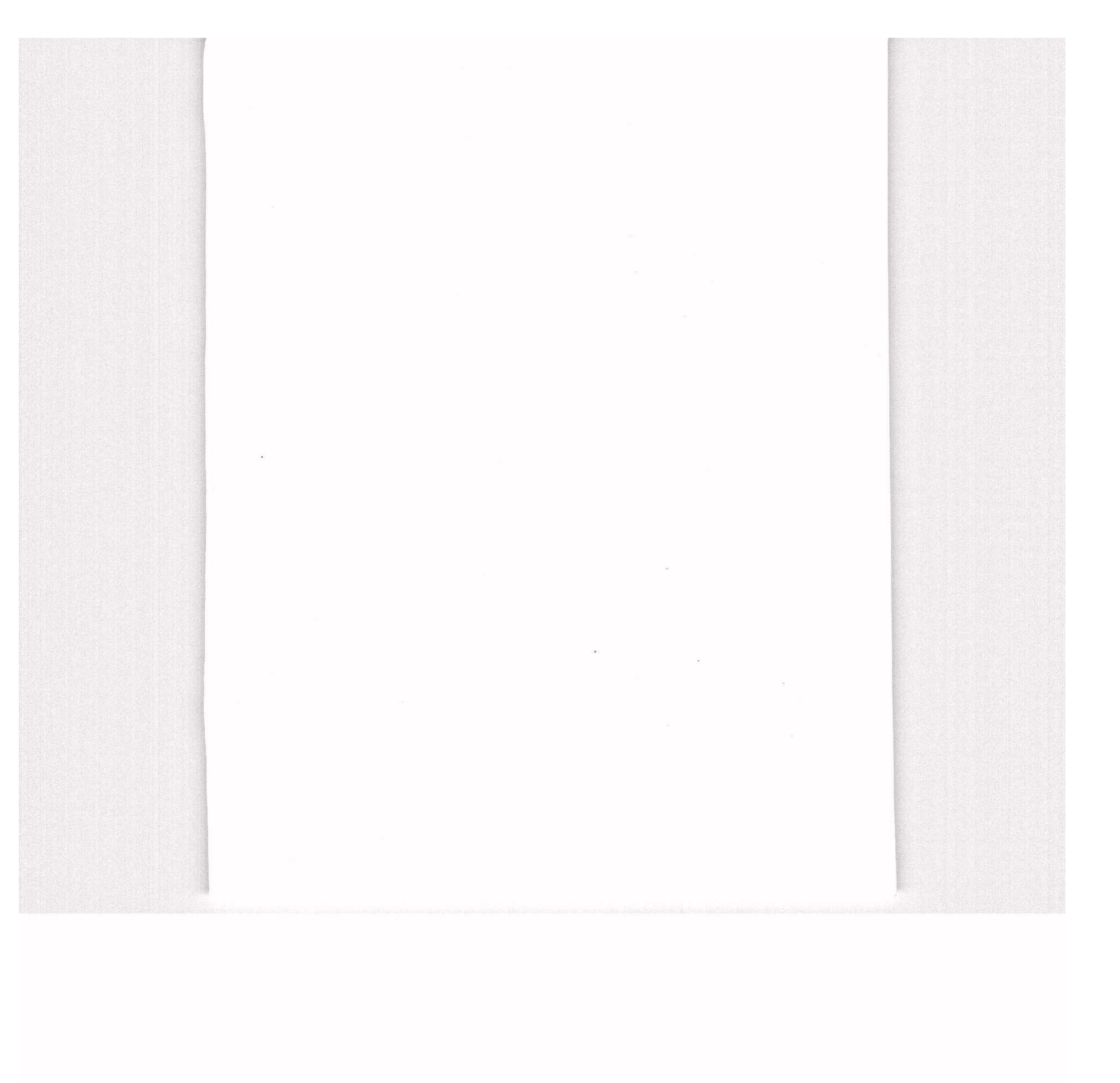
صورة (٣) : كابينة الهواء المعقم المتدفق التى يتم فيها عزل وتنمية الأحياء الدقيقة ، ومنها الفطريات .





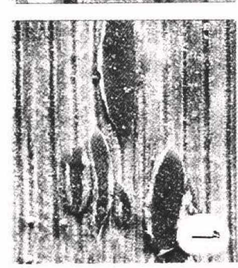
▲ صورة (٤) : مراحل صناعة الجبن الروكفورت.

◄ صورة (٥) : استخدام الفطريات فى الصناعات التخميرية .









صورة (٦) : بعض الأمراض المتسببة عن فطريات .

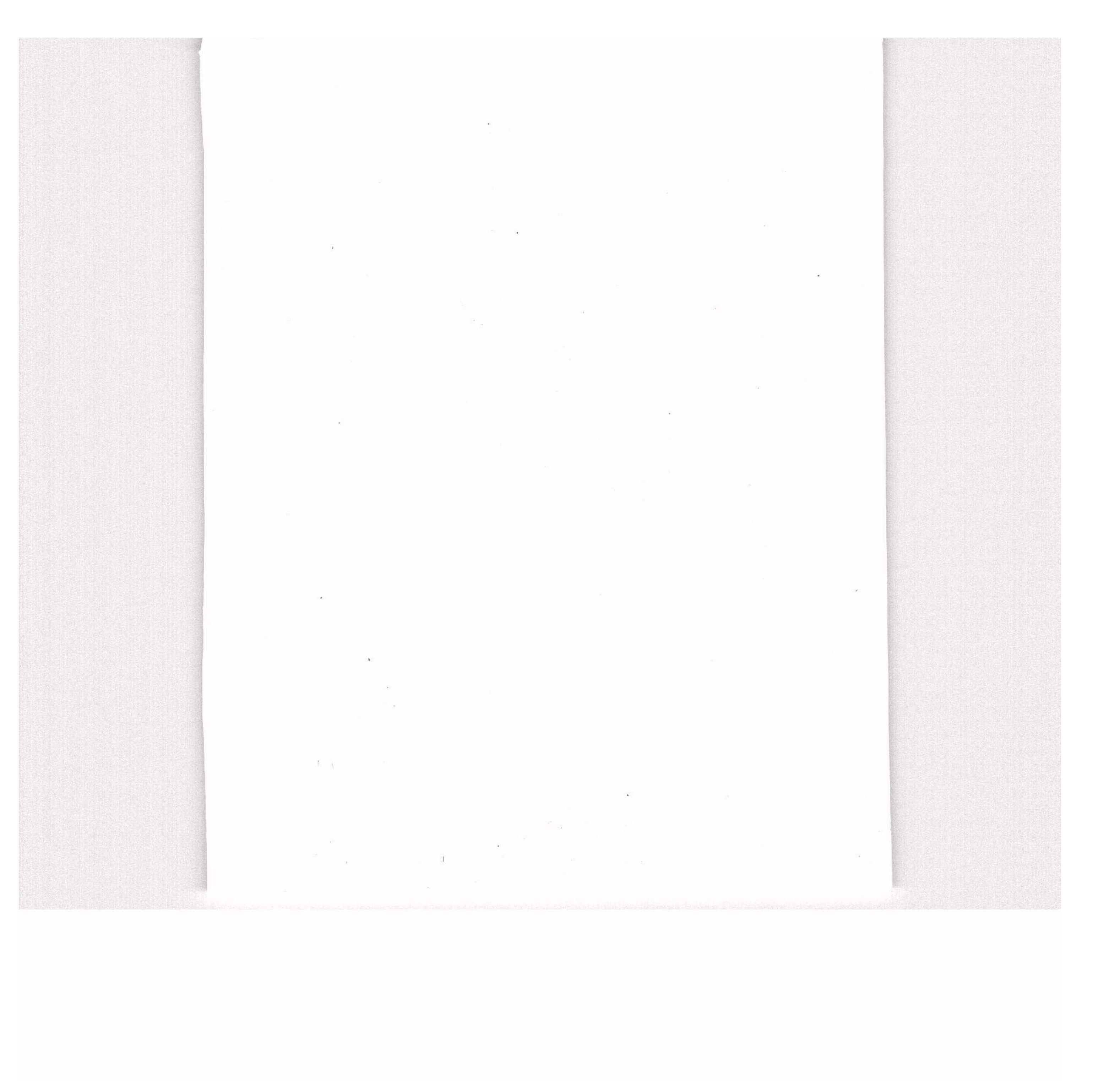
(أ) مرض التبقع الشبكى فى الشعير (*Helminthosporium teres*) .

(ب) مرض البياض الدقيقى (*Erysiphe graminis*) .

(جـ) الصدأ البنى فى القمح (*Puccinia recondita*) .

(د) التفحم السائب فى الشعير (*Ustilago nuda*) .

(هـ) بثرات صدأ مكبرة ممتلئة بالجراثيم اليوريدية للفطر الممرض .







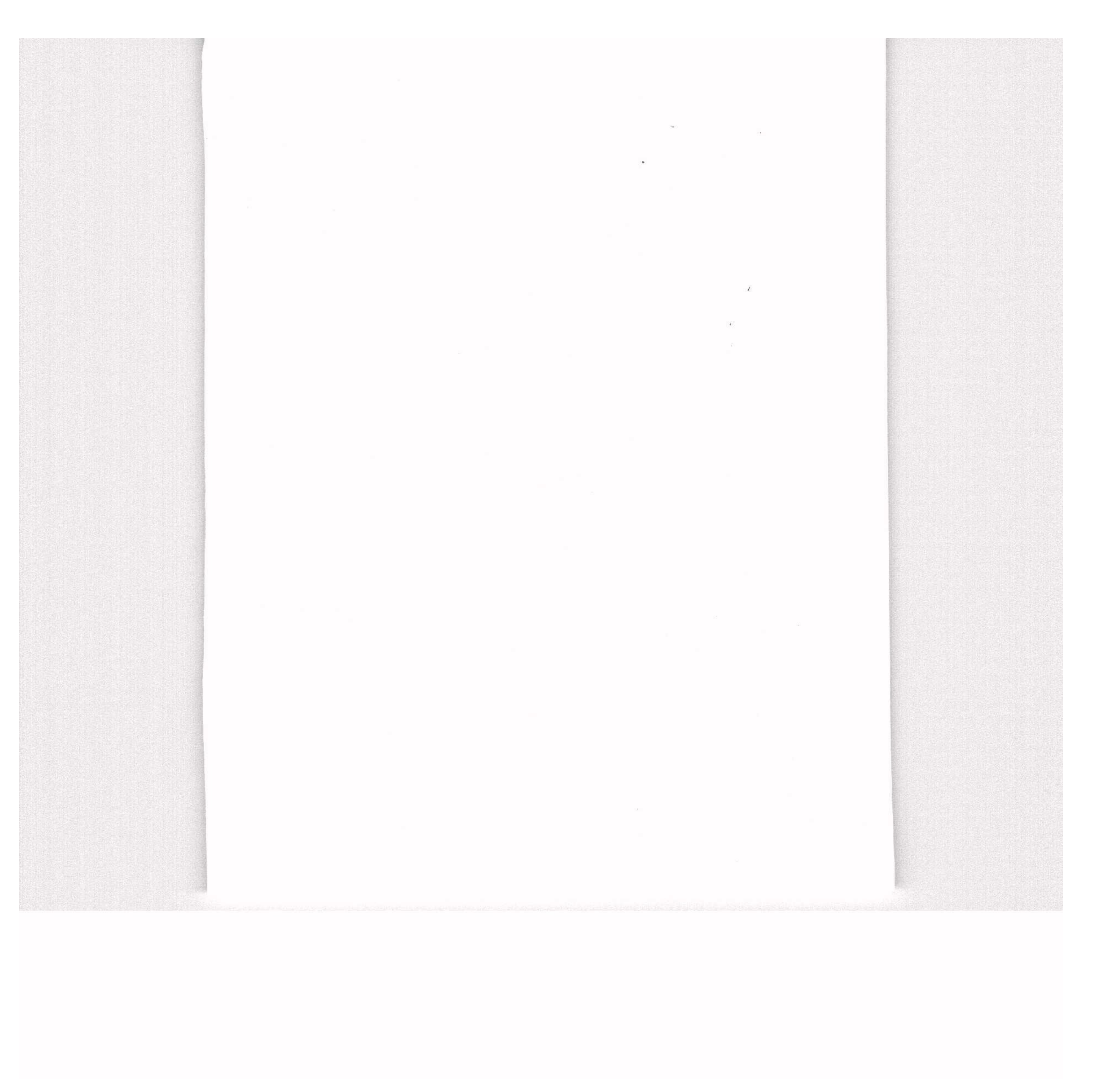


صورة (٧) : بعض أنواع فطريات عيش الغراب البرية المأكولة
التى تنمو على جذوع الأشجار الميتة .

(أ) فطر عيش الغراب المحارى *Pleurotus ostreatus*.

(ب) فطر عيش غراب الشيتاكى *Lentinus edodus* .

(جـ) فطر عيش غراب آذان الشجر *Auricularia* sp. .



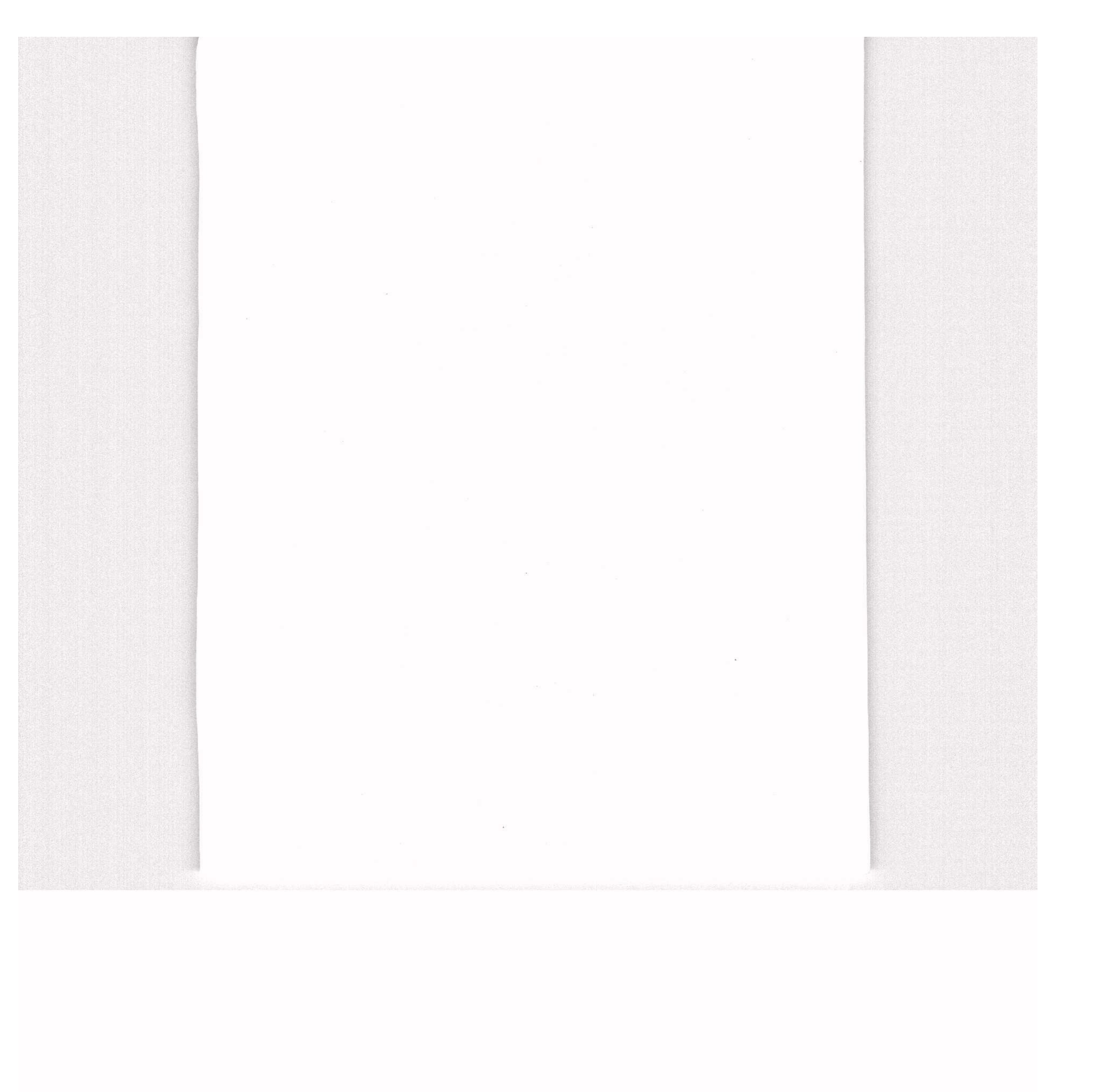


صورة (٨) : بعض فطريات عيش الغراب السامة .

(أ) فطر عيش غراب فنجان الموت *Amanita phalloidesh* .

(ب) فطر عيش غراب الذبابة *Amanita muscaria* .

(جـ) فطر المورشيلا الكاذبة *Gyromitra esculenta* .

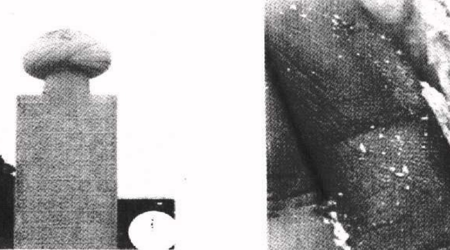




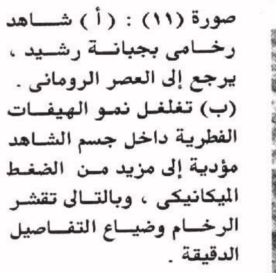
صورة (٩) : لوحة الفنان
J. Wagner (Julia Merk, 1959)



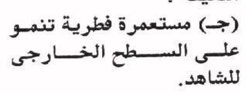
صورة (١٠) : نمو الفطر *Chaetocladium brefeldii* على اللون الأسود للقبعة على صورة مستعمرات فطرية صغيرة .

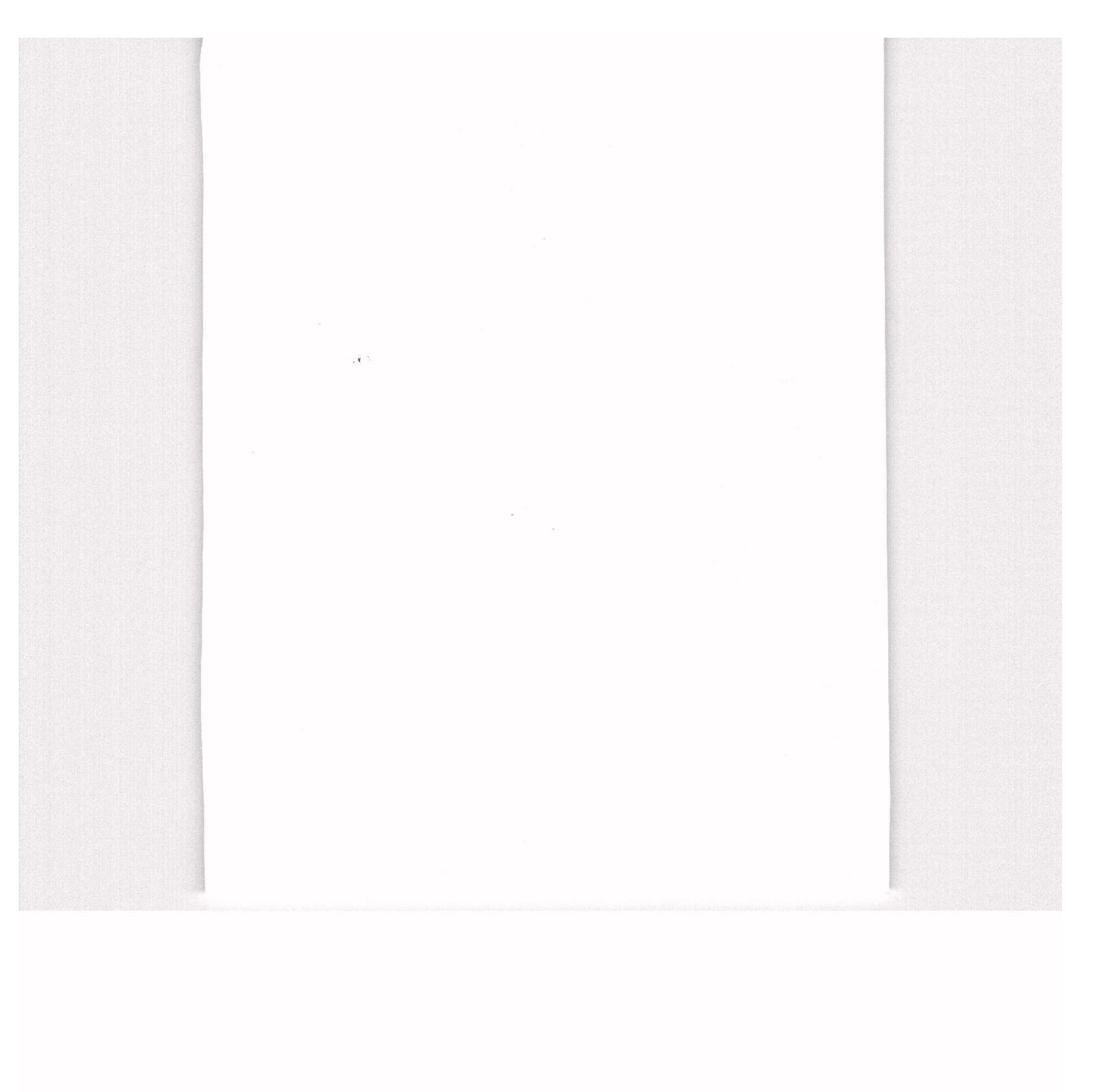


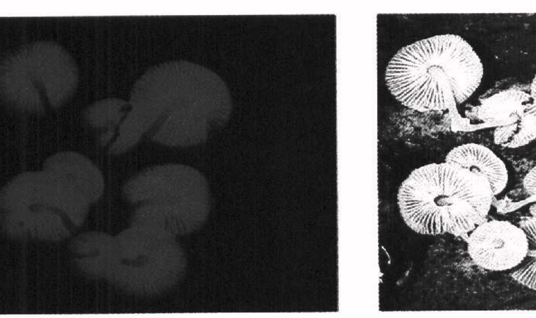


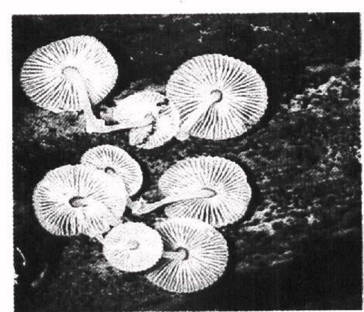


صورة (١١) : (أ) شاهد رخامى بجبانة رشيد ، يرجع إلى العصر الرومانى .
(ب) تغلغل نمو الهيفات الفطرية داخل جسم الشاهد مؤدية إلى مزيد من الضغط الميكانيكى ، وبالتالى تقشر الرخام وضياع التفاصيل الدقيقة .
(جـ) مستعمرة فطرية تنمو على السطح الخارجى للشاهد.



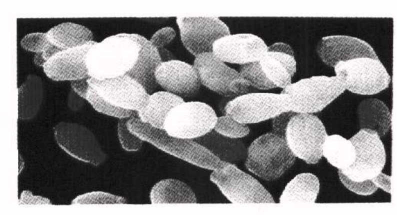




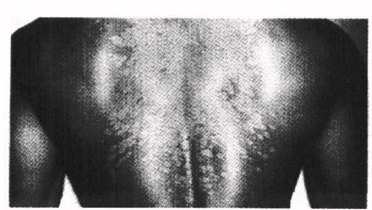


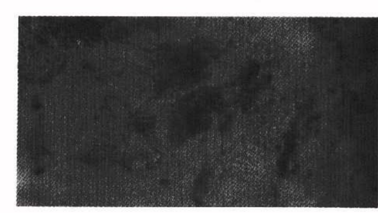
صورة (١٢) : فطر عيش الغراب المضىء ، ينبعث ضـوءه الفلوروسنتى خلال ظــلام الغابة الحــالك ، بينما يخبو ضوءه خلال النهار .



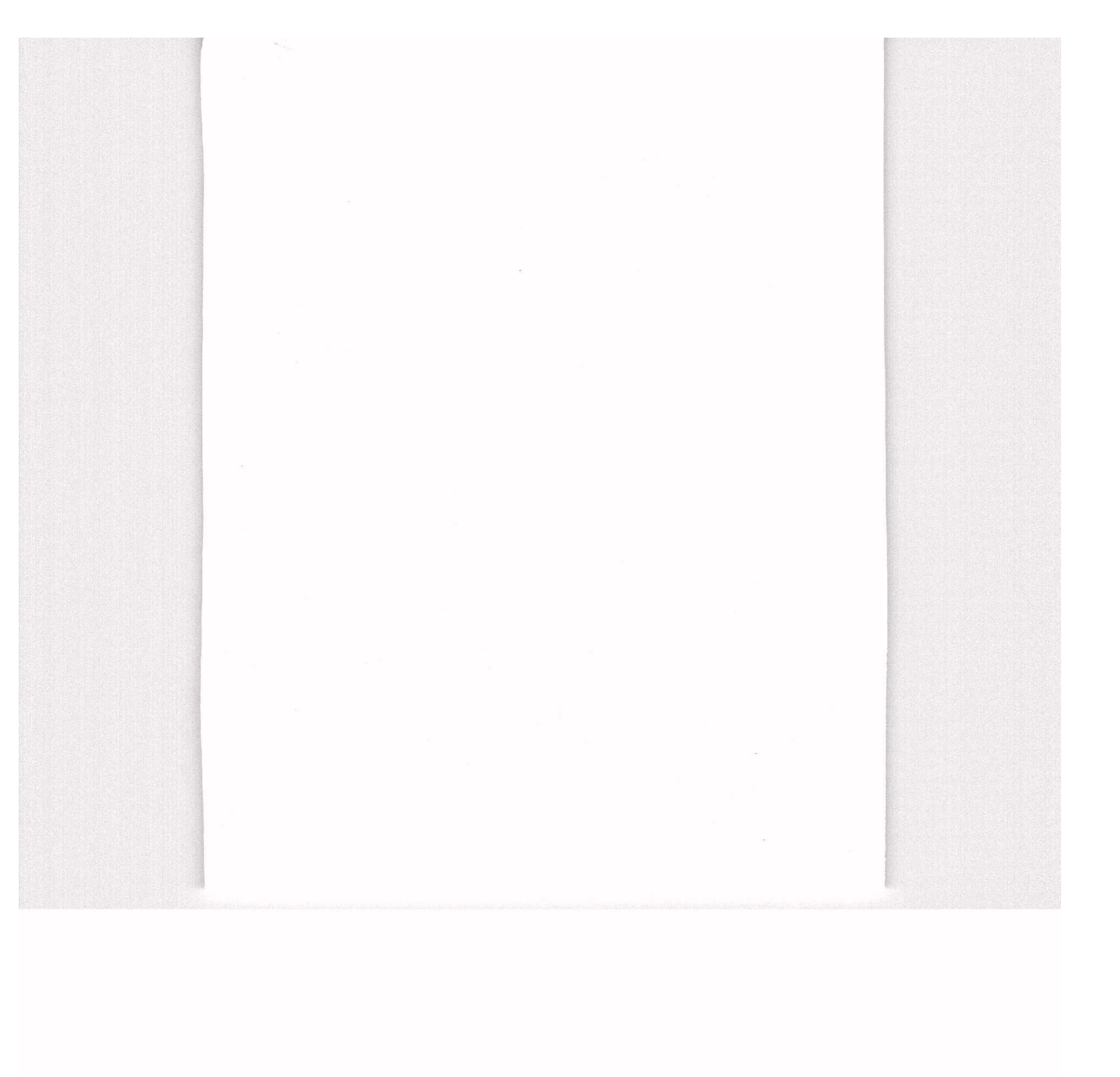


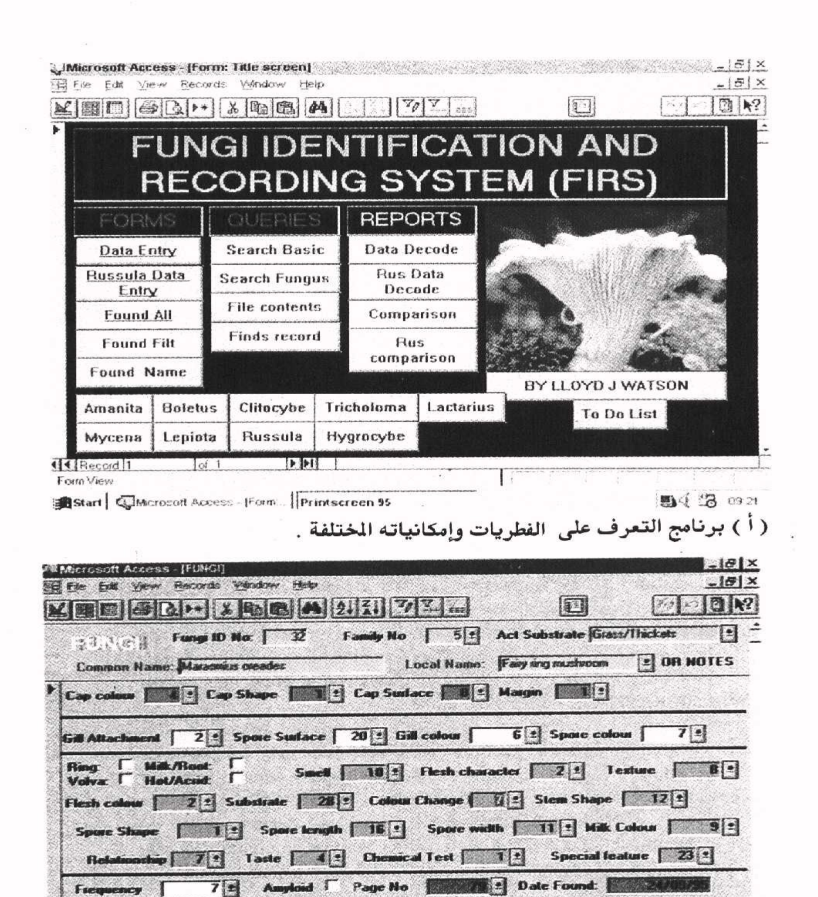
صورة (١٣) : فطر الخميرة ***Candida albicans*** الممرض للإنسان .





صورة (١٤) : فطر هيفى ممرض للإنسان . مسببا له مرض جلدى (تينيا)





(أ) برنامج التعرف على الفطريات وإمكانياته المختلفة .

(ب)برنامج يشمل المجالات المختلفة التى يمكن استعمالها .

صورة (١٥) : استخدام شبكة الإنترنت الدولية فى تعريف الفطريات .

